

Grado Universitario en Ingeniería Eléctrica
Curso Académico 2016-2017

Trabajo Fin de Grado

“Optimización del consumo eléctrico doméstico de consumidores con PVPC”

Álvaro Antonio Bermejo Arroyo

Tutor

Julio Usaola García

Leganés, a 9 de octubre de 2017



Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**

Resumen

En este TFG se calcula el ahorro máximo que puede obtener un consumidor doméstico optimizando el consumo, cuya tarifa contratada sea la tarifa regulada pvpc (precio voluntario para el pequeño consumidor), sin variar la cantidad total de energía eléctrica consumida.

Para ello, primero se realiza una descripción del mercado eléctrico en España, se explica qué es la tarifa pvpc, cómo se forma el precio horario aplicado a esta tarifa y se explican los perfiles de consumidores de pvpc.

Posteriormente, se continúa con la optimización del consumo de energía eléctrica para un consumidor doméstico. La optimización del consumo eléctrico se va a realizar para los tres perfiles de consumidores de pvpc que REE calcula y publica en ESIOS, para un consumo real y después para un consumidor estimado.

Para la optimización del consumo eléctrico de los perfiles de consumidor publicados por REE y el consumidor real, se consideran dos suposiciones: la primera es que el total de la energía horaria consumida en cada día del año se puede desplazar en el tiempo y la segunda suposición consiste en la diferencia del consumo en energía fija y energía movable en el tiempo.

Finalmente, se construye un perfil de consumidor estándar, resultado de la suma del consumo horario de cada uno de los aparatos eléctricos que hay en cualquier hogar español. Con el consumo horario de cada uno de los aparatos eléctricos, se optimiza el momento en que cada uno de estos están en funcionamiento y se construye una nueva curva de consumidor estándar optimizada. Con estas dos curvas, se calcula el ahorro máximo que se puede obtener gestionando el consumo de cada uno de los aparatos eléctricos.

Abstract

This project calculates the maximum savings that can be obtained by a consumer who optimizes consumption, whose electrical fare hired is the regulated pvpc fare, without varying the total amount of electricity consumed.

To do this, first a description of the electricity market in Spain is carried out, what the pvpc fare is, how the hourly price applied is formed and the profiles of pvpc consumers are explained.

Subsequently, the project continues with the optimization of electric energy consumption for a domestic consumer. The optimization of electricity consumption will be made for the three profiles of consumers of pvpc that REE calculates and publishes in ESIOS, for a real consumption and then for an estimated consumer.

For the optimization of the consumption profile published by REE and for the optimization of real consumer, two assumptions are considered: the first is that the total of the energy of consumption in one day can be shifted in time and the second assumption is the difference in consumption such as fixed power and power over time.

Finally, a standard consumer profile is created, resulting from the sum of the hourly consumption of each of the electrical appliances that are found in any Spanish home. With the hourly consumption of each of the electrical appliances, the time of each electrical appliances is optimized and a new optimized standard consumer curve is built. With these two curves, we calculate the maximum savings that can be obtained by managing the consumption of each of the electrical appliances.

Índice

1. Introducción.....	6
1.1 Introducción	6
1.2 Objetivos	7
1.3 Estructura de la memoria.....	7
1.4 Herramientas informáticas utilizadas	8
2. La tarifa eléctrica en España. El PVPC	9
2.1 Componentes del sistema eléctrico español	9
2.2 El sistema eléctrico español	10
2.3 Descripción factura eléctrica.....	12
2.4 Tipos de tarifas actuales.....	16
2.5 Descripción tarifa PVPC.....	18
2.6 Cálculo del pvpc.....	19
2.7 Estructura general del precio del pvpc.....	20
2.8 Determinación de los componentes de la facturación del pvpc.....	22
3. La flexibilidad de los consumidores domésticos.....	24
3.1 Definición hogares españoles	24
3.2 Curvas de consumo	25
3.3 Curvas de consumo	25
3.3.4 Curva de consumo semanal	25
3.3.5 Curva de consumo diaria.....	26
3.4 Caracterización de los consumidores domésticos	28
3.5 Dispositivos eléctricos usados por los consumidores domésticos.....	29
3.6 Consumo desplazable y no desplazable	30
3.7 Curva diaria diferenciando entre consumos	31
3.7.1 Curva día invierno	31
3.7.2 Curva día verano	33
3.8 Curva diaria diferenciando entre consumos por tecnología.....	34
3.8.1 Curva día invierno por aparatos eléctricos	34
3.8.2 Curva día verano por aparatos eléctricos	35
4. Beneficios esperados de la flexibilidad	36
5. Planteamiento del problema	37
5.1 Hipótesis y planteamiento del problema	37
5.2 Formulación para el cálculo de la optimización	38
6. Resultados	40
6.1 Introducción	40

6.2	Optimización consumidores estimados por REE.....	40
6.2.1	Cálculo del consumo de los perfiles estimados por REE	41
6.2.2	Optimización día invierno/ verano.....	42
6.2.3	Optimización año	60
6.3	Optimización consumo real con contador inteligente	69
6.3.1	Optimización sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable	72
6.3.2	Optimización con diferencia entre potencia fija y potencia movable	73
6.3.3	Resumen consumo real año 2016	75
7.	Métodos de ahorro	76
7.1	Consumos “reales” en los hogares españoles.....	76
7.1.1	Curva día invierno:	76
7.1.2	Curva día verano:	77
7.2	Consumos horarios optimizados	78
7.2.1	Curva optimizada día invierno:	78
7.2.2	Curva optimizado día verano:	78
7.3	Resultados de la optimización.....	79
8.	Conclusiones	81
8.1	Conclusiones.....	81
8.2	Futuras líneas de trabajo.....	82
Anexos	83	
Anexo 1:	Factura de energía eléctrica.....	83
Anexo 2:	Código de Matlab empleado en el apartado 5.2.	85
Anexo 3:	Código de Matlab empleado en el apartado 7.3.	87
Anexo 4:	Consumo horario de cada aparato eléctrico en invierno y en verano.....	89
Anexo 4.1:	Consumo en un día de invierno y consumo optimizado en un día de invierno....	89
Anexo 4.2:	Consumo en un día de verano y consumo optimizado en un día de.....	99
Anexo 5:	Medidas de ahorro energético en el hogar	106
Tabla de figuras	109	
Lista de tablas	114	
Bibliografía.....	115	

1. Introducción

1.1 Introducción

El consumo de energía eléctrica es algo que afecta a la mayoría de los habitantes del planeta. Hoy día, sin electricidad, no podemos vivir, somos electro dependientes. Es por ello que, en cada hogar, hay consumo de electricidad, el cual hay que pagar al final de cada mes.

Para que los ciudadanos puedan disfrutar de las aplicaciones de la electricidad en sus hogares, es necesario generar y transportar esta electricidad hasta los hogares. La energía eléctrica procede, en España, de las siguientes tecnologías mostradas en la siguiente imagen (Red Eléctrica de España, 2017).

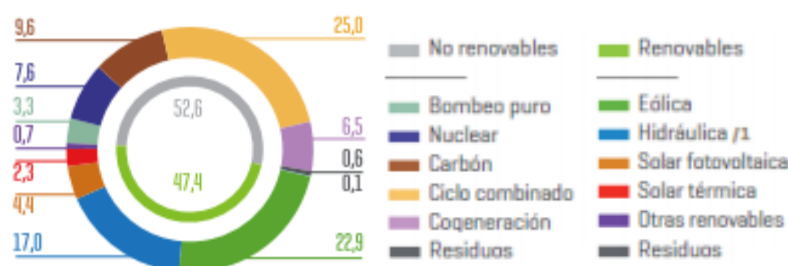


Figura 1: Estructura de la potencia instalada en España en el año 2016. Datos: REE

El ahorro en la tarifa de la electricidad es un tema bastante de actualidad, numerosas empresas se publicitan en los medios de comunicación ofreciendo comparadores de tarifas eléctricas o estudios de eficiencia energética. En este TFG se calcula cuál es el ahorro máximo que los tres perfiles de consumidor de pvpc pueden obtener gestionando el consumo eléctrico. Conviene aclarar que el consumo producido es en todo momento el mismo, se gestiona el período de consumo, pero se sigue consumiendo la misma cantidad de energía eléctrica una vez realizada la optimización.

Según el “Progress in energy efficiency policies in the EU Member States - the experts perspective” (Christiane Egger, 2015, pág. 93), España es el país de la unión europea que menos ha progresado en políticas de eficiencia energética.

Existen programas de ayudas por parte del gobierno español para impulsar la eficiencia energética de los pequeños consumidores de energía eléctrica, ya sea con ayudas para el cambio del ascensor en la comunidad de vecinos o el cambio de calderas y de aires acondicionados, programas de rehabilitación energética de edificios, etc. Además de estas ayudas a los pequeños consumidores, existen otras ayudas entregadas por el gobierno para impulsar la eficiencia energética en los diferentes sectores, como pueden ser el programa de actuaciones de eficiencia energética en el sector ferroviario o el programa para la renovación del alumbrado público exterior (Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía, 2017).

Dejando a un lado las ayudas que se pueden recibir por parte del gobierno, cada hogar puede llevar a cabo medidas para ahorrar en la factura de la electricidad, ya sea

con un consumo eficiente, con la contratación de la tarifa eléctrica más conveniente al perfil de consumo realizado en el hogar o con medidas de ahorro energético que cualquier consumidor puede adoptar para reducir el consumo.

En los próximos años, el concepto de eficiencia energética va a sufrir un avance en el ámbito social y tecnológico. Se implantará la idea en los habitantes de los países europeos del ahorro y la gestión del consumo energético, llegando a cambiar los hábitos de consumo de energía de la sociedad.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de este TFG es el cálculo del ahorro máximo sobre el consumo eléctrico que pueden obtener los consumidores de la tarifa regulada pvpc. El ahorro monetario es el obtenido de la optimización del consumo de energía eléctrica, el cual consiste en la variación del instante en que los aparatos eléctricos que hay en todos los hogares españoles son utilizados, pero manteniendo el monto total de energía eléctrica consumida.

1.3 Estructura de la memoria

- **Capítulo 1:** Se realiza una introducción del TFG, comentando cuál es el tema y los objetivos de dicho trabajo.
- **Capítulo 2:** Se explica que es el sector eléctrico en España y cómo funciona, las tarifas que se pueden encontrar en el mercado minorista de electricidad, la explicación de la tarifa regulada pvpc y cómo se construye el precio de dicha tarifa.
- **Capítulo 3:** Se definen las curvas de consumo de los tres perfiles de consumidor de pvpc.
- **Capítulo 4:** Se detallan los beneficios que se esperan obtener en este TFG.
- **Capítulo 5:** Se explican los métodos de cálculo empleados.
- **Capítulo 6:** En este capítulo, se realiza la optimización del consumo de los perfiles de consumidor estimados por REE y la optimización del consumo real de un cliente real. Se comentan los cálculos obtenidos.

- **Capítulo 7:** Se crean las curvas de consumo estimado, resultado de la suma del consumo de cada aparato eléctrico que hay en los hogares españoles. Una vez las curvas están construidas, se optimizan y se comentan los resultados obtenidos.
- **Capítulo 8:** Corresponde al capítulo de conclusiones, se comentan futuras líneas de trabajo.

1.4 Herramientas informáticas utilizadas

Las herramientas empleadas para la realización del presente trabajo han sido las siguientes:

- **Matlab:** Utilizado para la optimización del consumo de energía eléctrica y la manipulación masiva de datos.
- **Microsoft office Excel:** Utilizado para la elaboración de tablas y gráficas.
- **Microsoft office Word:** Empleado en la elaboración y redacción de la memoria del TFG.

2. La tarifa eléctrica en España. El PVPC

2.1 Componentes del sistema eléctrico español

Un sistema eléctrico es el conjunto de elementos necesarios para abastecer de energía eléctrica a los consumidores de esta.

El sistema eléctrico español se divide en:

- **Generación:** Es la parte inicial de la cadena de suministro de energía eléctrica. En este paso, se genera la energía eléctrica que luego será consumida. La generación es un negocio en competencia, esto es, numerosas empresas compiten entre sí en el mercado.
- **Transporte:** En este paso se transporta la energía eléctrica generada en el paso anterior hasta las subestaciones eléctricas de distribución. El transporte se realiza típicamente a 400kV o 220kV de tensión con el objetivo de reducir las pérdidas por efecto Joule y por efectos electromagnéticos. En España, la empresa encargada del transporte es Red Eléctrica de España S.A., en adelante REE. El transporte es un monopolio, es decir, una sola empresa se encarga de dicha actividad. El transporte de energía eléctrica es un negocio regulado por el gobierno.
- **Distribución:** La distribución se encarga de llevar la energía eléctrica hasta el consumidor final. La distribución se lleva a cabo a una tensión inferior a 132kV. Esta tarea la pueden realizar limitadas empresas determinadas por el gobierno. La distribución es un negocio regulado por el gobierno.
- **Comercialización:** Se trata de la venta de la electricidad al consumidor final. Es un negocio en competencia.

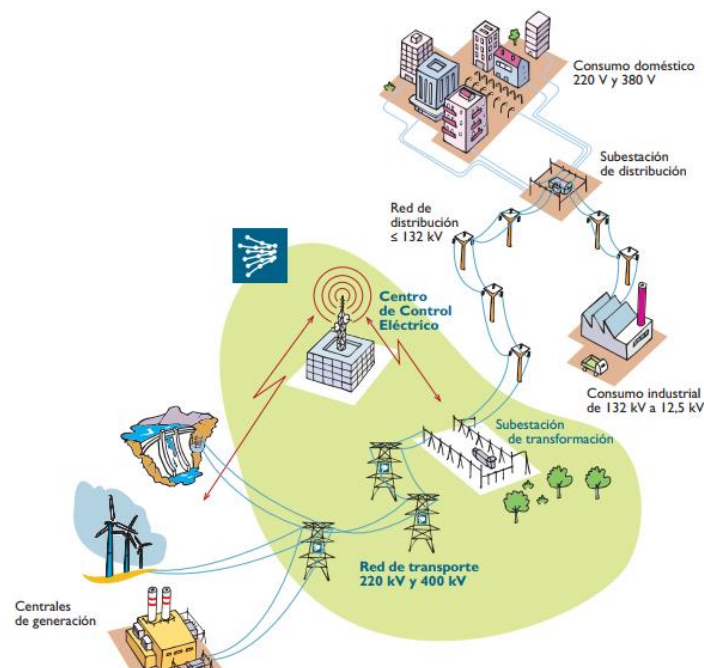


Figura 2: Esquema del sistema eléctrico. Fuente: REE

2.2 El sistema eléctrico español

El mercado eléctrico español se empezó a liberalizar con la aprobación de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. El objetivo fundamental de esta ley era aumentar la eficiencia en el sector eléctrico. Con esta ley se permitió la entrada al sector de empresas privadas no reguladas por el gobierno, la creación de un mercado organizado para la negociación de la energía y la reducción de la intervención pública en la gestión del sistema.

El sistema eléctrico español funciona como una especie de sistema en el que se compra y se vende energía eléctrica. Para controlar este mercado de compraventa, existen dos entidades independientes: el Operador del Mercado (OMIE), encargado de la operación económica, y el Operador del Sistema (Red Eléctrica de España S.A.), encargado de la gestión técnica de la red (Dovale, 2015).

El sistema eléctrico tiene que asegurar que los consumidores de energía eléctrica disponen de suministro en cada instante del día. En todo momento, la demanda tiene que ser igual al consumo de energía eléctrica. En el caso de que la demanda no fuera igual a la generación, se podrían producir importantes problemas en la red, llegando a provocar el desabastecimiento de energía eléctrica a los consumidores, lo que conllevaría serios problemas socioeconómicos.

Para asegurar el suministro a los consumidores, existe un mecanismo de regulación frecuencia potencia que se activa en los momentos en los que la generación es diferente a la demanda¹. Estos sistemas de regulación se dividen en: regulación primaria, secundaria y terciaria. La regulación primaria estabiliza la frecuencia del sistema. En España, la frecuencia nominal de la red es de 50Hz. La regulación secundaria devuelve la frecuencia a su valor nominal. La regulación terciaria sustituye a la regulación secundaria cuando esta está activa durante un período de tiempo determinado.

El mercado de electricidad se divide en dos: mercado mayorista y mercado minorista. En el mercado mayorista se negocian grandes cantidades de producto entre las empresas generadoras y las comercializadoras y consumidores cualificados. En el mercado minorista se negocia la energía eléctrica entre las comercializadoras y los pequeños consumidores (Dovale, 2015).

En el mercado mayorista se negocia la energía mediante un sistema de subastas (pool) o mediante los llamados contratos bilaterales². El mercado mayorista basado en el sistema de subastas o pool se divide en:

¹ Ante un desequilibrio en la igualdad generación-demanda, se produce una variación en el valor de la frecuencia. Un exceso en la generación provoca un aumento de la frecuencia. Un exceso de demanda provoca una reducción en la frecuencia de la red. Los desequilibrios en la generación-demanda pueden provocar serios problemas en los generadores eléctricos.

²En los contratos bilaterales, se pacta entre el consumidor y el generador, de manera contractual, la cantidad y el precio de la energía.

- **Mercado diario:** En este mercado se fija la cantidad y el precio de la energía de cada una de las 24 horas del día siguientes al de la subasta.
- **Mercado intradiario:** Este mercado se organiza en seis sesiones y permite a los participantes en el mercado diario rectificar en sus posiciones de compra o venta de energía sobre el mercado diario.
- **Mercado de restricciones técnicas:** Sirve para resolver los problemas ocasionados por las limitaciones de la red de transporte y de distribución u otros problemas que ocurran en el momento de la entrega de la energía eléctrica.
- **Mercado de servicios auxiliares:** Este mercado sirve para gestionar los servicios empleados para asegurar el suministro en todo momento.

Los componentes del precio final de la energía eléctrica, fijado mediante el sistema de subastas o pool, del año 2016 son los siguientes (OMIE, 2016):

COMPONENTES DEL PRECIO HORARIO FINAL									
MES	MERCADO DIARIO EUR/MWh	RESTRICCIONES TÉCNICAS EUR/MWh	RESERVA DE POTENCIA A SUBIR EUR/MWh	BANDA DE REGULACIÓN EUR/MWh	MERCADO INTRADIARIO EUR/MWh	OPERACIÓN TÉCNICA EUR/MWh	PAGO POR CAPACIDAD EUR/MWh	SERVICIO DE INTERRUMPIBILIDAD EUR/MWh	PRECIO HORARIO FINAL EUR/MWh
ENERO	38,50	2,69	0,16	0,95	-0,03	0,12	3,16	1,87	47,42
FEBRERO	28,80	2,78	0,25	1,13	-0,03	0,03	3,22	1,93	38,12
MARZO	28,65	3,04	0,37	1,01	0,00	0,11	2,63	1,87	37,68
ABRIL	24,86	2,77	0,29	0,90	0,00	0,09	2,48	2,02	33,41
MAYO	26,75	3,13	0,30	0,93	0,00	0,01	2,44	2,04	35,59
JUNIO	39,29	1,94	0,00	0,52	0,01	0,05	2,93	2,00	46,73
JULIO	41,07	1,58	0,00	0,47	-0,01	-0,02	3,26	1,82	48,17
AGOSTO	41,63	1,91	0,00	0,48	-0,01	-0,01	2,20	1,89	48,09
SEPTIEMBRE	44,18	2,13	0,02	0,39	0,00	0,05	2,53	1,97	51,26
OCTUBRE	53,79	2,15	0,25	0,51	-0,01	-0,01	2,41	2,07	61,16
NOVIEMBRE	57,40	1,04	0,15	0,68	0,01	0,04	2,59	1,99	63,91
DICIEMBRE	61,86	1,26	0,08	0,63	0,01	0,07	3,22	1,93	69,06
TOTAL	40,63	2,19	0,15	0,71	0,00	0,04	2,76	1,95	48,44
% sobre PFM	83,87%	4,53%	0,32%	1,47%	-0,01%	0,09%	5,70%	4,02%	100,00%

Tabla 1: Componentes del precio horario final del mercado del año 2016. Fuente: OMIE

En el mercado minorista, los comercializadores venden la energía a los consumidores. Existen dos modalidades de tarifa que las comercializadoras pueden ofertar: la tarifa regulada o pvpc³ y la tarifa en el mercado libre.

³ Las comercializadoras encargadas de abastecer la tarifa pvpc están determinadas en el Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo de 2014 (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2014).

2.3 Descripción factura eléctrica

En el BOE-A-2014-5655, se explica detalladamente la factura eléctrica (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2014). A continuación, se explica resumidamente cómo se compone el importe a abonar a la empresa comercializadora, de qué partes consta y a qué hace mención cada parte. En el anexo 1 se encuentra la factura en conjunto tal cual es enviada por las comercializadoras al usuario.

- a) **Datos de la empresa comercializadora:** En esta primera parte hay información relacionada con la empresa: logotipo, domicilio social, Código de identificación fiscal (CIF)⁴.



Figura 3: Datos de la empresa comercializadora. Fuente: BOE-A-2014-5655

- b) **Datos de la factura:** Número de factura, período de facturación, fecha del cargo, importe a pagar.

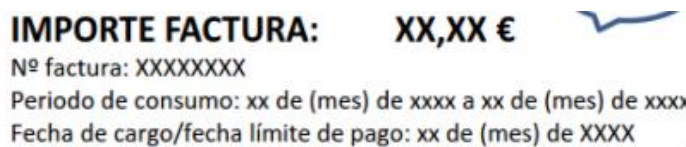


Figura 4: Datos de la factura. Fuente: BOE-A-2014-5655

- c) **Resumen de la factura:** Coste de la energía consumida, coste de la potencia contratada, recargos, alquiler del equipo de medida y control, impuestos.

Por potencia contratada	xx,xx €
Por energía consumida	xx,xx €
Recargo	xx,xx €
Impuesto electricidad	xx,xx €
Alquiler equipos de medida y control	xx,xx €
Impuesto aplicado (XX %)	xx,xx €
TOTAL IMPORTE FACTURA	XX,XX €

Figura 5: Resumen de la factura. Fuente: BOE-A-2014-5655

⁴**CIF:** El Código de identificación fiscal es el ordenamiento que regula las relaciones entre los contribuyentes y las autoridades fiscales. (Miranda, 2001)

- d) **Datos del cliente:** En esta parte están los datos de la persona física o jurídica que recibe la factura.

Dña./D.
Calle nº
xxxxx (.....)

Figura 6: Datos del cliente. Fuente: BOE-A-2014-5655

- e) **Información del consumo eléctrico:** Datos sobre la evolución del consumo eléctrico registrado anual, datos del consumo aplicados en la factura.

	Consumo en el periodo xxx	Consumo en el periodo xxx	Consumo en el periodo xxx
	XXh - XXh	XXh - XXh	XXh - XXh
Lectura anterior (real/estimada) (xx-mes-xxxx)	xxx kWh	xxx kWh	xxx kWh
Lectura actual (real/estimada) (xx-mes-xxxx)	xxx kWh	xxx kWh	Xxx kWh
Consumo en el periodo (*)	xxx kWh	xxx kWh	xxx kWh

ESPACIO RESERVADO
PARA EL GRÁFICO
REPRESENTATIVO DE LA
EVOLUCIÓN DE CONSUMO

(*) Para confirmar que su consumo está bien facturado, introduzca los datos de consumo en el periodo, fechas de lectura y potencia contratada (marcados en color) en la herramienta publicada en la página web de la Comisión Nacional de Competencia y los Mercados www.cnmc.es

Su consumo medio diario en el periodo facturado ha sido de xx,xx €. Su consumo medio diario en los últimos 14 meses ha sido de xx,xx €. Su consumo acumulado del último año ha sido de xx,xx kWh.

Figura 7: Información del consumo eléctrico. Fuente: BOE-A-2014-5655

- f) **Datos de contratación y suministro:** Consta de los siguientes elementos:

- Información sobre el cliente.
- Tipo de contrato: Especifica si el cliente está sujeto al pvpc o a otro tipo de contrato del mercado libre.
- Potencia contratada: Es el máximo de potencia que el cliente puede consumir en un instante de tiempo. Se paga un coste fijo por la potencia contratada.
- Tipo de contador: Especifica si el cliente tiene contador inteligente o no.
- Fecha fin del contrato, la fecha de la emisión de la factura.
- Peaje de acceso: Este coste sirve para pagar a la empresa transportista y a la distribuidora. Este coste es fijado y regulado por el gobierno y es único en todo el territorio nacional. El peaje de acceso tiene dos componentes: parte fija y parte variable. La parte fija es función de la potencia contratada, y la parte variable es función de la energía consumida.

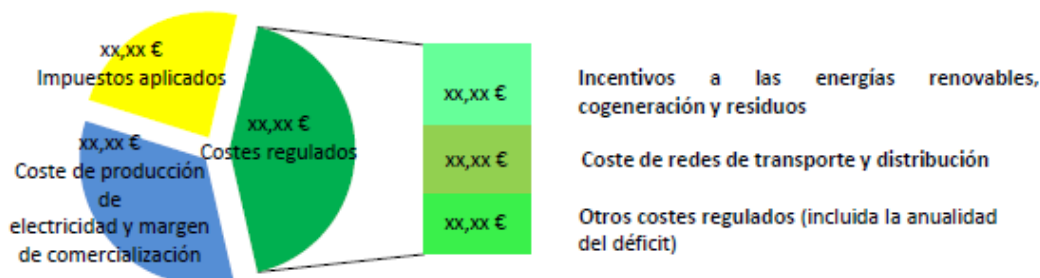
- Código unificado de punto de suministro CUPS: Es el número de identificación del punto de suministro. En los primeros seis caracteres de este código viene identificada la empresa distribuidora de energía.
- Teléfono de la distribuidora para averías y urgencias.
- Contacto para realizar reclamaciones.
- Forma de pago de la factura.

Titular: Dña.		NIF: XXXXXXXXE
Dirección de suministro: C/....., XXX		
TIPO DE CONTRATO: TUR para consumidores sin derecho a PVPC que transitoriamente no disponen de un contrato de suministro.		
TIPO DE CONTADOR: Con/sin contador inteligente efectivamente integrado en el sistema de telegestión.		
Facturación con tarifa promedio del periodo de facturación.		
Peaje de acceso: XXX	Potencia contratada: XXX kW	
Referencia del contrato de suministro (nombre empresa COR): xxxxx		
Referencia del contrato de acceso (nombre empresa distribuidora): xxxxxx		
Fecha final contrato: xx de (mes) de xxxx (renovación anual automática)		
Fecha emisión factura: xx de (mes) de xxxx		
Código unificado de punto de suministro CUPS: XXXXXXXX		
Atención al cliente (nombre empresa COR): 900.xxx.xxx (gratuito)		Reclamaciones (empresa COR): 900.xxx.xxx clientes@xxxxxxxx.es
Averías y Urgencias (nombre empresa distribuidora): 900.xxx.xxx (gratuito)		Dirección postal reclamaciones (empresa COR): xxxxx
Para reclamaciones sobre el contrato de suministro o facturaciones podrá dirigirse a la Consejería xx (órgano competente en materia de energía) de la Comunidad Autónoma de XXX en el teléfono 9x.xxx.xxx o a través de su página web www.xx.es.		
Adicionalmente, en el caso de tratarse de una persona física, podrá dirigirse a la Consejería de xx (órgano competente en materia de consumo) de la Comunidad Autónoma de xxx en el teléfono 9x.xxx.xxx o a través de su página web www.xx.es.		
Asimismo, podrá acudir a la entidad de resolución alternativa de litigios xxxxxx en el teléfono 9x.xxx.xxx.		
Espacio reservado para datos de cuenta bancaria u otras formas de pago		

Figura 8: Datos del contrato. Fuente: BOE-A-2014-5655

- g) **Destino del importe de la factura:** Representación de la distribución del importe de la factura. La repartición del importe de la factura es la siguiente: coste de producción de energía y margen de comercialización, costes regulados por el gobierno (primas a las renovables, cogeneración y residuos, pago por la distribución y el transporte y otros costes regulados por el gobierno (incluida la anualidad del déficit tarifario⁵)) y los impuestos aplicables.

El destino del importe de su factura, XX,XX euros, es el siguiente:



A los importes indicados en el diagrama debe añadirse, en su caso, el importe del alquiler de los equipos de medida y control

Figura 9: Destino del importe de la factura. Fuente: BOE-A-2014-5655

⁵ El déficit tarifario es la cantidad de dinero en defecto necesario recaudar para cubrir todos los gastos del sistema eléctrico.

h) **Detalle de la factura:** Explicación detallada de los costes aplicados en la factura.

Facturación por potencia contratada: Comprende dos conceptos: la facturación por peaje de acceso (resultado de multiplicar los kW contratados por el precio del término de potencia del peaje de acceso y el número de días del periodo de facturación) y la facturación por margen de comercialización fijo.

Importe por peaje de acceso:

xx kW * xxxx €/kW y año * (xx/365) días xx,xx €

Importe por margen de comercialización fijo:

xx kW * xx €/kW y año * (xx/365) días xx,xx €

Facturación por energía consumida: Comprende dos conceptos: la facturación por peaje de acceso (resultado de multiplicar los kWh consumidos en el periodo de facturación por el precio del término de energía del peaje de acceso) y la facturación por coste de la energía (resultado de multiplicar los kWh consumidos por el precio del término del coste horario de energía del PVPC).

Importe por peaje de acceso:

xx kWh * xxxx €/kWh xx,xx €

Importe por coste de la energía:

xx kWh * xxxx €/kWh xx,xx €

Subtotal **xx,xx €**

Impuesto de electricidad: Impuesto especial al tipo del x,xxx % sobre el producto de la facturación de la electricidad suministrada multiplicada por el coeficiente xxx.

Impuesto electricidad (xx,xx * xx,xx * x,xxx %) xx,xx €

Alquiler de equipos de medida y control. Precio establecido que se paga por el alquiler de equipos de medida y control.

Alquiler de equipos de medida y control (xx días * xx,x €/día) xx,xx €

Subtotal otros conceptos **xx,xx €**

Importe total **xx,xx €**

Impuesto de aplicación: Impuesto xxx al tipo del xx%.

Impuesto (xx%) xx% s/ xx,xx xx,xx €

TOTAL IMPORTE FACTURA **XX,XX €**

Precios de los términos del peaje de acceso publicados en (disposición normativa).

PVPC calculado según Real Decreto xxxx (disposición normativa).

Margen de comercialización fijo publicado en (disposición normativa).

Precio de los equipos de medida y control establecido en (disposición normativa).

Figura 10: Detalle de la factura. Fuente: BOE-A-2014-5655

i) **Información para el consumidor:** Información relacionada con el bono social y otra información de interés para el consumidor.

Usted tiene contratado el Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC). No obstante, tiene también otras OPCIONES de CONTRATACIÓN ALTERNATIVAS al PVPC:

a) Con la comercializadora de referencia: Usted podrá contratar un precio fijo durante 12 meses, que todas las comercializadoras de referencia están obligadas a ofertar. Dicho precio será fijado libremente por cada empresa comercializadora de referencia.

b) Con cualquier comercializadora en mercado libre: También puede contratar el suministro de energía eléctrica conforme al precio y las condiciones pactadas, en su caso, entre las partes.

En la página web de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, www.cnmc.es, podrá consultar y comparar las distintas ofertas vigentes de las comercializadoras de energía eléctrica, tanto las de precio fijo anual como las de mercado libre. Asimismo, podrá encontrar en esta página web el listado de las comercializadoras que suministran en el mercado libre y las comercializadoras de referencia.

BONO SOCIAL PARA CONSUMIDORES VULNERABLES: Tienen derecho a acogerse al bono social aquellos consumidores vulnerables que cumplan con las características sociales, de consumo y poder adquisitivo que se determinan. En todo caso, se circunscribirá a personas físicas en su vivienda habitual. Para solicitar el bono social, podrá hacerlo presencialmente en nuestras oficinas o llamando al teléfono xxx.

Dispone de información sobre los requisitos que deben cumplirse en el teléfono xxx o en la página web xxx.xxxx.es.

OTRA INFORMACIÓN DE INTERÉS:

(Si no se dispone de contador inteligente efectivamente integrado en el sistema de telegestión): En cumplimiento de la normativa, su factura se ha realizado con base en lecturas reales que se efectúan bimestralmente. En el caso de que usted haya dado su consentimiento expreso para que la facturación sea mensual o en otros casos que hubieran dado lugar a una facturación estimada, los pagos a que den lugar las estimaciones de consumo en los meses en los que no haya lectura, se considerarán pagos a cuenta, objeto de regulación en la primera factura que se realice con consumos reales.

(Si se dispone de contador inteligente efectivamente integrado en el sistema de telegestión): Sus facturas se realizan mensualmente con base en lecturas reales.

Puede encontrar más información en las siguientes direcciones web: Consumidores de energía e información sobre la factura: www.cnmc.es. Comparador de precios y ofertas de electricidad: <http://comparadorofertasenergia.cnmc.es>. Información sobre consumo eficiente y ahorro energético: www.idae.es. Red Eléctrica de España: www.ree.es

Figura 11: Información para el consumidor. Fuente: BOE-A-2014-5655

2.4 Tipos de tarifas actuales

Entre las tarifas que los consumidores de baja tensión pueden contratar están: pvpc, tarifa de último recurso, precio fijo y mercado libre.

- **PVPC**

Hay tres modalidades de contratación del pvpc según el período de facturación de la energía consumida:

- A. 2.0A o defecto
- B. 2.0DHA con discriminación horaria de dos períodos (dos períodos)
- C. 2.0DHS con discriminación horaria de tres períodos (vehículo eléctrico)

En la tarifa 2.0A, se aplica una curva de precios más o menos constante durante todo el día.

La tarifa 2.0DHA se divide en dos períodos, el período punta (invierno: 12 a 22 horas; verano: 13 a 23 horas) y el período valle (invierno: 22 a 12 horas; verano: 23 a 13 horas). Durante las horas valle el precio de la energía es inferior que durante las horas del período punta.

La tarifa 2.0DHS se divide en tres períodos. Dispone de un período valle, otro período denominado punta, al igual que la tarifa 2.0DHA, y además de los anteriores períodos de facturación, hay un tercer período denominado supervalle. El período supervalle transcurre desde la 1:00 hasta las 7:00. Este período supervalle está pensado para hacer que la recarga del vehículo eléctrico sea más barata.

En la página Web de REE (Red Eléctrica de España, 2017) se pueden ver los precios horarios del pvpc que aplican durante las 24 horas del día siguiente al de la publicación.

TÉRMINO DE FACTURACIÓN DE ENERGÍA ACTIVA DEL PVPC

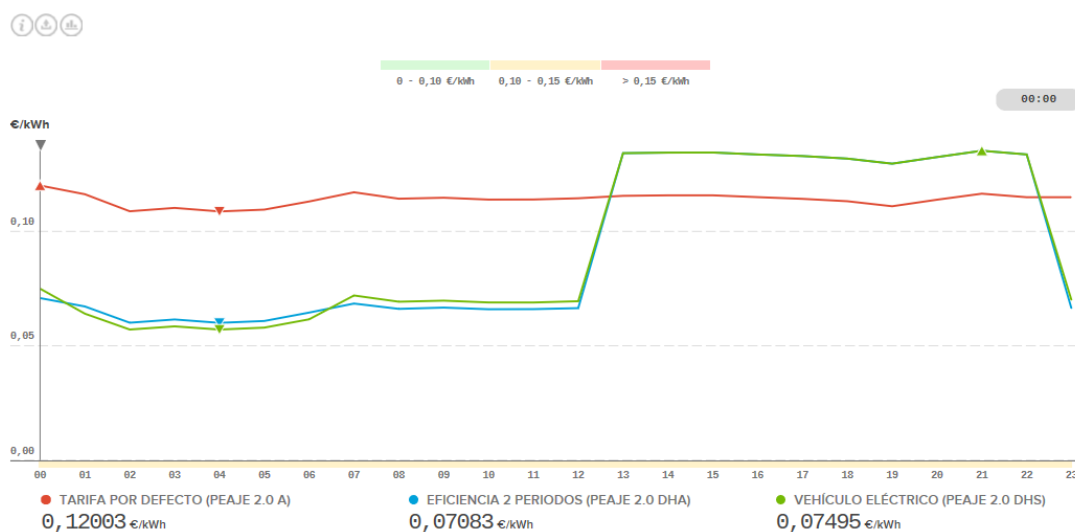


Figura 12: Término de facturación de energía activa del pvpc. Tarifa 2.0A (color rojo), tarifa 2.0DHA (color azul), tarifa 2.0DHS (color verde). Fuente: ESIOS-REE

- **Tarifa de último recurso:**

El precio de la tarifa de último recurso, TUR, o también llamada bono social, es la tarifa que deberán pagar al comercializador de referencia los consumidores vulnerables por la electricidad consumida. Esta tarifa será la que resulte de aplicar al suministro un 25% de descuento en todos los términos que la componen.

- **Precio fijo**

Si el consumidor prefiere que el precio que se aplique a su consumo de energía sea el mismo durante todo un año, puede contratar un precio fijo durante 12 meses por la energía eléctrica. Todas las comercializadoras de referencia están obligadas a ofertarlo como alternativa al PVPC. Dicho precio será fijado libremente por cada empresa comercializadora, pero tendrán unas condiciones, las cuáles se designan en el Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo de 2014 (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2014). Las condiciones son las siguientes:

- A. No deben incluir otros productos o servicios adicionales.
- B. La duración del contrato es un año (12 meses).
- C. Se permite una penalización por la rescisión anticipada del contrato.
- D. La renovación de la oferta será sólo a voluntad del consumidor, no estará permitida la auto renovación.

- **Mercado libre**

En la actualidad, existen un gran número de comercializadoras de mercado libre, y cada una de ellas tienen unos precios basándose en sus propios criterios.

Las tarifas en el mercado libre pueden ser de diferentes modalidades, por ejemplo: precio fijo, discriminación horaria de dos períodos o tres períodos, tarifas para potencias contratadas superiores a 10kW, tarifas para potencias inferiores a 10kW.

La tarifa de precio fijo que ofrecen las 5 grandes comercializadoras de energía en España es el que representa el siguiente gráfico, donde las columnas de color azul muestran el precio de la potencia, este es, el precio fijo que el consumidor paga por tener contratada un valor de potencia, y de color rojo muestra el valor de la energía de la que el consumidor hace uso.

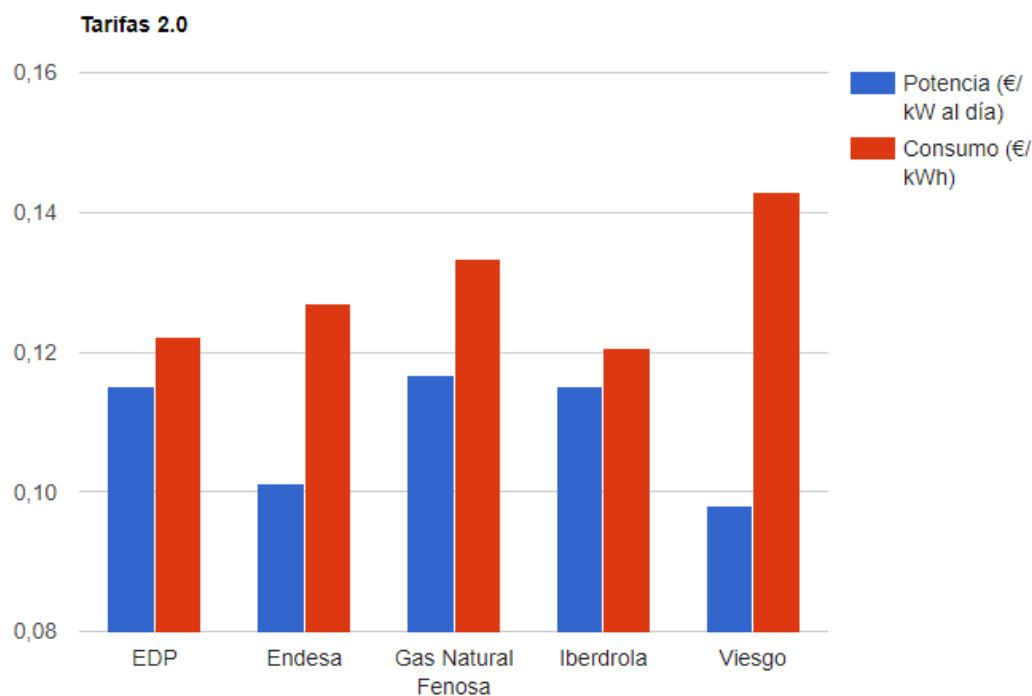


Figura 13: Precios fijos de la energía en el mercado libre de las 5 grandes comercializadoras en España.

Fuente: (SELECTA, s.f.)

2.5 Descripción tarifa PVPC

El precio voluntario para el pequeño consumidor, en adelante pvpc, entró en vigor el 1 de abril de 2014. En el real decreto 216/2014, de 28 de marzo de 2014, se dicta el nuevo sistema para determinar el precio de la energía eléctrica para consumidores cuyo punto de suministro sea inferior a 1kV de tensión y tengan contratada una potencia inferior o igual a 10kW.

Se puede resumir el PVPC como el precio máximo que pueden cobrar las empresas encargadas de vender la electricidad a los consumidores que se acojan a dicha tarifa. Las empresas encargadas de vender la energía eléctrica y ofrecer la tarifa pvpc son llamadas comercializadoras de referencia (COR). Las COR son de libre elección por el cliente. Las comercializadoras de referencia vienen definidas en el Real decreto 216/2014, de 28 de marzo, y son las citadas a continuación:

- Iberdrola Comercialización de Último Recurso, S.A.U.
- Endesa Energía XXI, S.L.U.
- E.ON Comercializadora de Último Recurso, S.L.
- Gas Natural S.U.R.; SDG, S.A.
- EDP Comercializadora de Último Recurso, S.A.

El pvpc es el sucesor de la antigua tarifa TUR (tarifa de último recurso). El pvpc se renovará automáticamente cada año y se podrá cambiar de tarifa siempre que el consumidor lo desee, sin coste adicional para él.

Red Eléctrica de España, como operador del sistema, sobre las 20:15 de cada día, publica en su página web ESIOS los datos sobre los precios de la energía que aplicarán al consumidor de pvpc durante las 24 horas del siguiente al de la publicación. Además de publicar los precios de la energía del día siguiente, REE calcula los coeficientes horarios⁶ de los tres perfiles de consumidor de pvpc.

Los precios de la energía se muestran de acuerdo con los tres tipos de tarifa de pvpc:

- A. 2.0A o defecto
- B. 2.0DHA con discriminación horaria de dos períodos (dos períodos)
- C. 2.0DHS con discriminación horaria de tres períodos (vehículo eléctrico)

La discriminación horaria se refiere a la división del día en períodos, siendo diferente el precio y el consumo de energía en cada uno de ellos.

Los consumidores que tengan instalado en su hogar un contador inteligente dotado de medición en tiempo real, se les aplicará el precio de la energía horaria sobre el consumo realizado en función de la tarifa que tengan contratada. En caso de que no tengan instalado contador inteligente, se les aplicarán los coeficientes horarios de los perfiles de consumo estimados por REE.

Según lo publicado en el ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, a partir del 1 de enero del año 2018, todos los consumidores residenciales con una potencia contratada inferior a 15kW, deberán tener instalado un contador inteligente (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007).

2.6 Cálculo del pvpc

En el cálculo del precio de la energía para el pvpc (precio voluntario para el pequeño consumidor), se incluyen de forma aditiva los siguientes conceptos (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2014):

- El coste de producción de energía eléctrica, que se determinará basándose en el precio horario de los mercados diario e intradiario durante el período al que corresponda la facturación, los costes de los servicios de ajuste del sistema y, otros costes asociados al suministro. El coste de la energía consumida se hará en base a la lectura real. En el caso de que el consumidor cuente con equipo de

⁶ REE calcula la curva de consumo que realizarán, de forma estimada, los consumidores de la tarifa pvpc que no tienen instalado contador inteligente. Estos coeficientes representan el consumo horario realizado sobre el total de la energía consumida en el período de facturación.

telemedida o telegestión, y estén efectivamente integrados en los correspondientes sistemas, se aplicarán los costes horarios reales de la energía. Cuando el consumidor no disponga de estos aparatos de medida, la facturación se realizará aplicando a las lecturas reales por períodos, bien sean mensual, bimensual, trimestral u otro período de medida, los perfiles de consumo calculados por el operador del sistema (REE).

- Los peajes de acceso y cargos que correspondan. Los peajes de acceso hacen mención a los pagos que el gobierno abona a la empresa transportista (REE) y a las distribuidoras.
- Los costes de comercialización determinados en el real decreto 216/2014, de 28 de marzo de 2014.

2.7 Estructura general del precio del pvpc

El precio del pvpc resulta de la suma de los siguientes términos (Usaola García, 2016):

1. Término de potencia (TPU), en €/kW y año.
2. Término de energía del peaje de acceso (TEU), en €/kWh.
3. Coste horario de la energía (TCU), en €/kWh.

Los anteriores términos significan lo explicado a continuación (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2014).

1. El término de potencia (TPU), expresado en €/kW y año:

$$TPU=TPA+MCF$$

- TPA: Término de potencia de la tarifa de acceso.
- MCF: Margen de comercialización, fijado por el gobierno.

2. Término de energía del peaje de acceso (TEUp), expresado en €/kWh:

$$TEUp=TEAp$$

- TEAp: Término de energía de la tarifa de acceso en el período p.

3. Término de coste horario de energía en cada hora (TCUh), expresado en €/kWh:

$$TCUh=(1+PERDh)*CPh$$

- PERDh: Coeficiente de pérdidas del peaje de acceso en la hora h (calculado y publicado por REE).

- CPh: Coste de producción de la energía suministrada en la hora h.

Componentes del coste CPh:

$$CPh = Pmh + SAh + OCh$$

- Pmh: Precio medio horario del mercado diario e intradiario en la hora h del período tarifario p.

$$Pmh = \frac{PMDh \cdot EMDh + \sum_n (PMIh, n \cdot EMIh, n)}{EMDh + \sum_n EMIh, n}$$

- PMDh: Precio marginal del mercado diario en cada hora h.
 - EMDh: Energía casada en el mercado diario en cada hora h.
 - PMIh,n: Precio marginal en la hora h de la sesión n del mercado intradiario.
 - EMIh,n: Energía casada en la hora h de la sesión n del mercado intradiario
- SAh: Coste de los servicios de ajuste en la hora h. Ambos términos se publican el día anterior al de suministro.

$$SAh = PMASH + CDSVh$$

- PMASH: Precio de los servicios de ajuste asignados a la demanda (restricciones técnicas⁷, reserva de potencia a subir⁸, banda secundaria⁹).
- CDSVh: Coste de los desvíos horarios de los comercializadores de referencia.

⁷**Restricciones técnicas:** El mercado de restricciones técnicas está regulado por REE y se encarga de adecuar la generación eléctrica a los estándares de calidad, fiabilidad y seguridad que deben estar presentes en cualquier sistema eléctrico.

⁸**Reserva de potencia a subir o bajar:** En el sistema eléctrico, para asegurar el suministro eléctrico ante desequilibrios entre la generación y la demanda, hay centrales térmicas gestionables disponibles en cualquier momento para subir o para bajar su producción. Esta energía que se produce de más o de menos tiene un precio diferente al precio horario de la energía eléctrica. (Rojas, 2013).

⁹**Banda secundaria:** En el caso de que se produzca en el sistema eléctrico una reducción del valor de la frecuencia, y una vez que la regulación primaria ha actuado, la banda secundaria se encarga de restablecer el valor de la frecuencia a su valor nominal, en España 50Hz.

- OCh: Otros costes.

$$OCh = CCOMh + CCOSh + CAPH + INTTh$$

- CCOMh: Contribución al coste del operador del mercado.
- CCOSh: Contribución al coste del operador del sistema.
- CAPH: Pago de los mecanismos de capacidad de generación.
- INTTh: Servicio de interrumpibilidad.

2.8 Determinación de los componentes de la facturación del pvpc

Los componentes de la facturación del pvpc son los siguientes (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2014):

❖ Término de facturación de potencia (FPU):

Corresponde al término de facturación anual de la potencia contratada, expresado en €. Es un precio fijo en la factura y es el resultado del producto de la potencia a facturar por el precio del término de potencia del pvpc (precio voluntario para el pequeño consumidor).

$$FPU = TPU \cdot Pot$$

- Pot: potencia contratada en kW.
- TPU: Término de potencia del pvpc, expresado en €/kW y año.

❖ Término de facturación de energía activa (FEU):

Corresponde con el sumatorio del producto de la energía consumida durante el período de facturación y el precio del término de energía correspondiente a ese período. Se calcula de dos formas distintas dependiendo si:

- Cuentan con equipo de telegestión y telemedida, y efectivamente integrados:

$$FEU = \sum_p [(Ep \cdot TEUp) + \sum_{h=p} (Eph \cdot TCUh)]$$

- Si no se puede determinar la energía horaria consumida:

$$FEU = \sum_p E_p \cdot [TEUp + \frac{\sum_{h=p} TCUh \cdot ch}{\sum_{h=p} ch}]$$

- E_p : Energía consumida en el periodo tarifario p en kWh.
- E_{ph} : Energía consumida en la hora h del período tarifario p en kWh.
- $TEUp$: Precio del término de energía del pvpc del período tarifario p, expresado en €/kWh.
- $TCUh$: Precio del término de coste horario de energía del pvpc, expresado en €/kWh.
- ch : Coeficiente horario del perfil de consumo ajustado a la hora h. Estos coeficientes son calculados por REE de forma estimada, hacen referencia al consumo realizado en cada hora, por los consumidores de la tarifa pvpc.

❖ **Término de facturación de energía reactiva:**

Viene fijado en el Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica (Ministerio de Economía, 2001). El término de energía reactiva no será de aplicación hasta el 1 de enero de 2019. A partir de esa fecha, será de aplicación a todo suministro que cuente con equipo de telegestión efectivamente integrado en dicho sistema.

3. La flexibilidad de los consumidores domésticos

3.1 Definición hogares españoles

Antes de definir las curvas de consumo que dibujan los pequeños consumidores de energía eléctrica, se va a proceder a definir los hogares españoles. Para ello, la información se basa en el “PROYECTO SECH-SPAHOUSEC”, publicado por el IDAE el 16 de julio de 2011 (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2011).

El número de ocupantes de una vivienda influye significativamente en la cantidad de energía que se consume. En 2010, la media de personas por hogar fue de 2.7 personas/hogar. La mitad de los hogares españoles están ocupados por 1 o 2 personas/hogar.

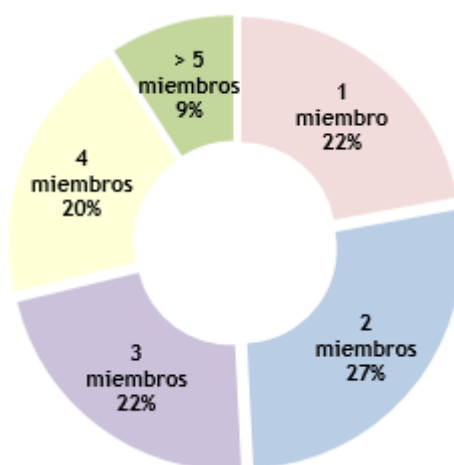


Figura 14: Distribución de los hogares según el tamaño de la vivienda. Fuente: Informe_SPAHOUSEC

La edad de los ocupantes del hogar influye también en el consumo de energía que se haga. La siguiente gráfica muestra cómo están distribuidos los hogares en función del ciclo de vida de los integrantes. En el 19,7% de los hogares hay más de dos adultos viviendo en la misma vivienda. En el 24% de los hogares hay niños menores de doce años de edad.

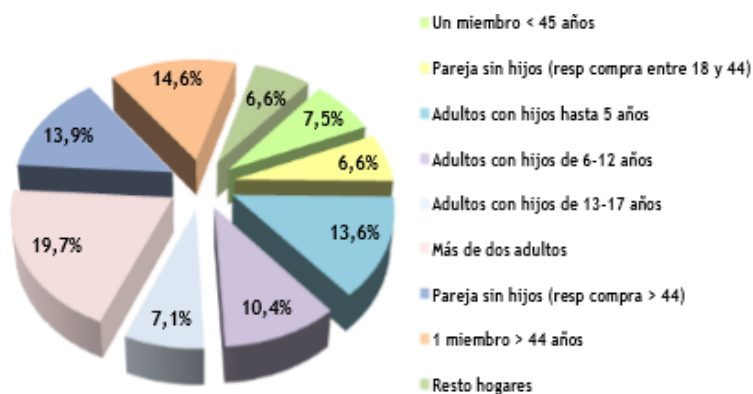


Figura 15: Distribución de los hogares según el ciclo de vida de los integrantes. Fuente: Informe_SPAHOUSEC

En cuanto al nivel de rentas, más del 60% de los hogares pertenece a una clase social igual o superior a la media, con rentas superiores a 30000€/año.

3.2 Curvas de consumo

Según el estudio “Guía de consumo inteligente” llevado a cabo por REE en noviembre de 2010, solamente el 20% del total de la energía demandada en España corresponde a la demanda residencial (REE, 2010).

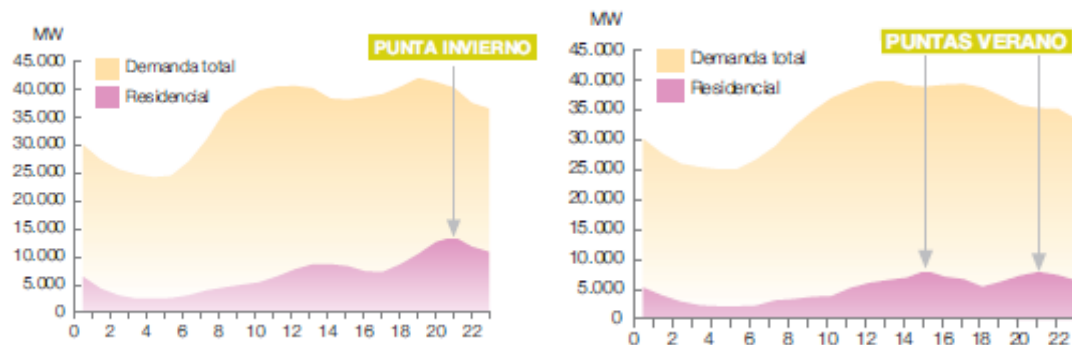


Figura 16: Demanda de energía total vs residencial en invierno (izquierda) y en verano (derecha). Fuente: Guía de consumo inteligente-REE

El consumo de electricidad es diferente durante el año. El consumo en el período de verano es diferente al consumo en el período de invierno, al igual que el consumo es diferente en días laborales y días no laborales. Las principales diferencias entre el consumo de verano y el consumo de invierno son el aumento del número de horas de ocio fuera del hogar, el aumento de las horas de luz solar y de la temperatura que tienen lugar en el período de verano. La principal diferencia entre días laborales y días no laborales o fines de semana tiene que ver con el aumento del número de horas de ocio que se llevan a cabo en los días no laborales.

Se puede hacer una observación más, la curva de demanda es diferente a lo largo del día, pues no se realizan las mismas actividades durante las 24 horas del día. La curva de demanda es directamente proporcional a la ocupación del hogar, siendo el consumo bajo por la noche y elevado durante el día. Esto es obvio, ya que durante la noche la gente duerme y como ya se ha comentado, el consumo de energía es directamente proporcional a la ocupación del hogar.

3.3 Curvas de consumo

3.3.4 Curva de consumo semanal

Como se ha comentado en el apartado 3.2, el consumo de energía eléctrica es diferente en los períodos de verano, invierno, fines de semana y días laborales. A

continuación, se representan las curvas de demanda en una semana de invierno y en una semana de verano:

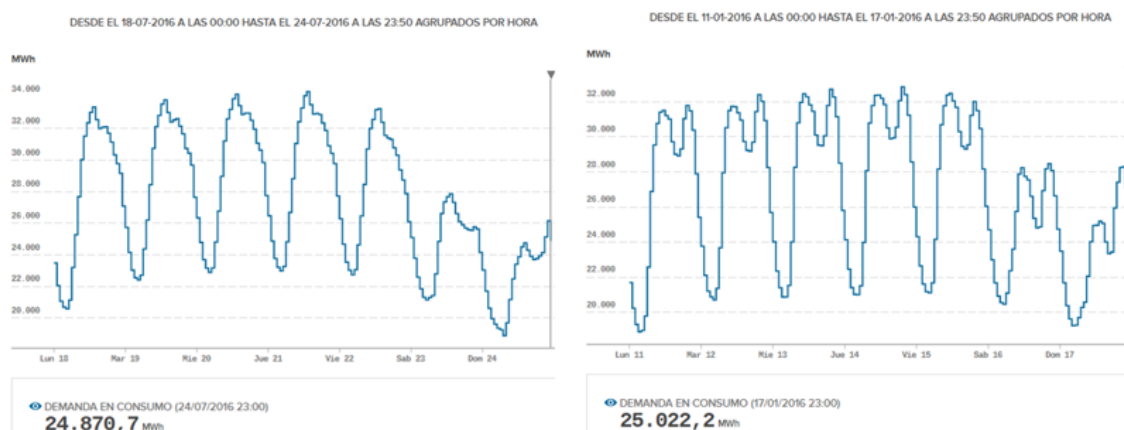


Figura 17: Curva de demanda eléctrica en el sistema eléctrico español en una semana de verano (izquierda) y en una semana de invierno (derecha). Fuente: REE

Se aprecia en las anteriores gráficas, los dos últimos días, los picos de consumo no son tan elevados como durante los cinco días laborales de la semana. Estos días corresponden con el fin de semana, días en los que el consumo de energía se reduce debido al aumento del ocio.

3.3.5 Curva de consumo diaria

❖ Curva diaria verano

Curva de demanda para un día de verano, se representa la demanda del día 11/07/2016:

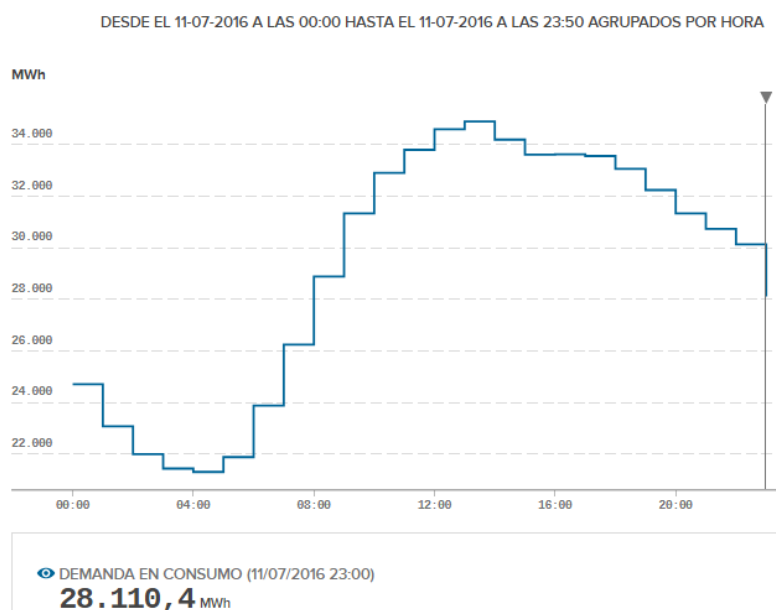


Figura 18: Curva de demanda eléctrica en un día de verano. Fuente: REE

La curva de demanda en un día de verano se caracteriza por tener un pico de consumo que alcanza su máximo valor a las 13:00, hora que coincide con la preparación de la comida y hora en la que el sol está más elevado y perpendicular con la tierra, elevando la temperatura ambiente, lo que provoca un mayor consumo del aire acondicionado. Después de las 13:00, el consumo de electricidad va disminuyendo paulatinamente, pues se va haciendo un menor uso del aire acondicionado con el paso de las horas, se disfruta del ocio fuera del hogar, el bajo consumo energético para preparar la cena ya que no necesita ser calentada por comerse fría o no necesitar de un largo período de preparación.

❖ Curva diaria invierno

Curva de demanda para un día de invierno, se representa la demanda del día 11/01/2016:

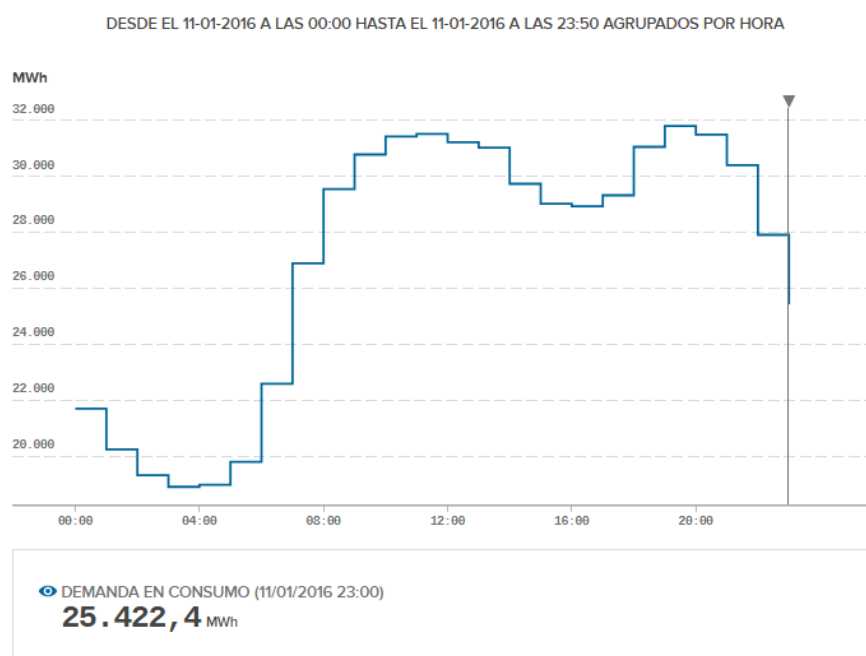


Figura 19: Curva de demanda eléctrica en un día cualquiera de invierno. Fuente: REE

La curva de demanda de invierno se caracteriza por tener dos picos de consumo a las 12:00 y a las 20:00, horas coincidentes con la preparación de la comida y la cena en España.

En las horas de la madrugada, el consumo es el mínimo realizado durante el día, estas horas se guardan para el descanso de los habitantes.

A partir de las 6:00 hasta las 9:00, la gente se va despertando para ir a trabajar, por lo que el consumo eléctrico aumenta respecto a las horas de la madrugada.

Desde las 9:00 hasta el mediodía, el consumo aumenta paulatinamente, estas horas se dedican principalmente a las tareas del hogar.

A las 12:00, el consumo es el mayor del día, coincide con el momento de preparación de la comida.

Desde las 13:00 hasta las 17:00, el consumo disminuye moderadamente, estas son las horas reservadas para la siesta o de volver al trabajo.

Después de las 17:00 y hasta las 20:00, el consumo vuelve a aumentar hasta alcanzar el segundo pico de demanda a las 20:00. Esto se debe, entre otras cosas, a la reducción de la luz natural proveniente del sol, teniendo que hacer uso de la iluminación artificial, se procede a la climatización de la casa, la preparación de la cena y otros ocios como el uso de la TV o del PC.

Después de las 20:00, el consumo se va reduciendo. Después de la cena, típicamente, se ve la televisión y después se va a dormir.

3.4 Caracterización de los consumidores domésticos

A continuación, se definen los perfiles medios de consumo calculados por REE y que publica en su página web ESIOS (Red Eléctrica de España S.A., 2016) para cada tipo de consumidor de la tarifa pvpc, ya que, para cada tipo de tarifa pvpc hay un perfil medio de consumidor diferente, con diferente curva de carga.

Los perfiles medios de consumo hacen referencia a la curva de consumo que REE estima que dibujará, de media, cada uno de los tres consumidores de pvpc que no disponen de contador inteligente. Las unidades son en porcentajes y representan la cantidad de energía consumida sobre el total consumido en el período de estudio. Estos perfiles medios se utilizan para aplicar las tarifas de pvpc sobre el consumo realizado por los consumidores que no disponen de contador inteligente efectivamente integrado.

Se puede diferenciar el consumo, para los tres perfiles de consumidor de pvpc, entre consumo en época de invierno y consumo en época de verano.

Para un día de verano, se ha escogido el 12/07/2017, los perfiles medios de consumo son los siguientes:

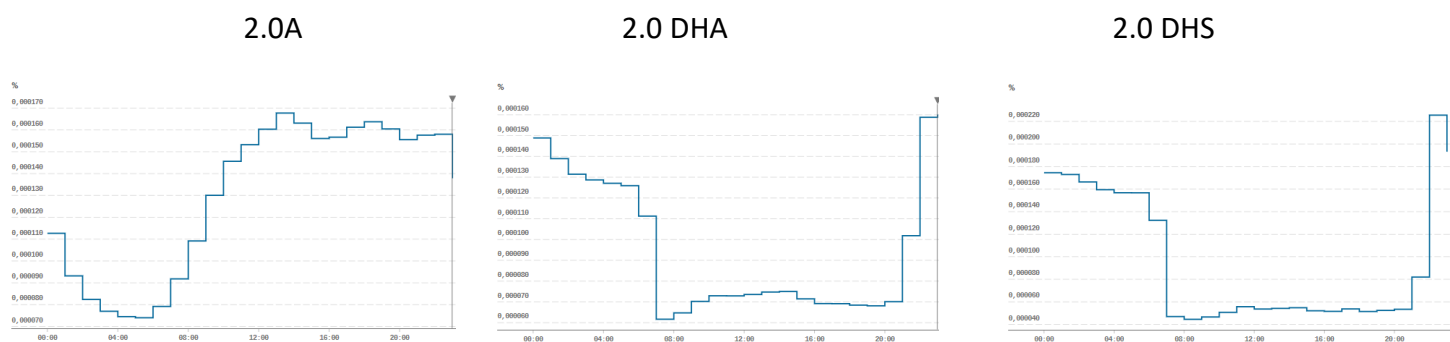


Figura 20: Curvas de demanda de un día de verano para el perfil 2.0A (izquierda), perfil 2.0DHA (centro) y perfil 2.0DHS (derecha). Fuente: ESIOS-REE

Para un día de invierno, se ha escogido el 18/01/2017, los perfiles medios de consumo son los siguientes:

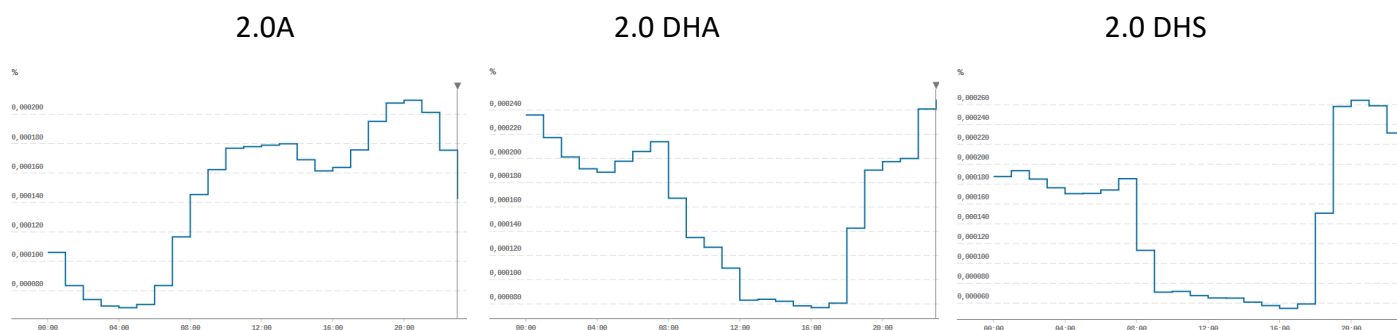


Figura 21: Curvas de demanda de un día de invierno para el perfil 2.0A (izquierda), perfil 2.0DHA (centro) y perfil 2.0DHS (derecha). Fuente: ESIOS-REE

3.5 Dispositivos eléctricos usados por los consumidores domésticos

Según el estudio llevado a cabo por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) sobre el consumo de energía de los pequeños consumidores en España, el consumo anual medio de energía eléctrica es de 3487kWh por hogar. Este consumo se reparte, principalmente, en los siguientes dispositivos (IDAE, 2014):

- | | |
|-------------------------------|-------|
| • Calefacción y refrigeración | 9.7% |
| • Calentamiento de agua (ACS) | 7.5% |
| • Cocina | 9.3% |
| • Iluminación | 11.7% |
| • Standby | 6.6% |
| • Electrodomésticos | 55.2% |

Los electrodomésticos más comunes que se pueden encontrar en cualquier hogar español con los porcentajes de consumo son los listados a continuación¹⁰:

- | | |
|----------------|-------|
| • Frigorífico | 30.6% |
| • Congelador | 6.1% |
| • Lavadora | 11.8% |
| • Lavavajillas | 6.1% |
| • Secadoras | 3.3% |
| • Horno | 8.3% |
| • TV | 12.2% |
| • Ordenadores | 7.4% |

¹⁰ El porcentaje de consumo de cada electrodoméstico está referido sobre el 100% del consumo. En la práctica, los porcentajes de consumo de cada electrodoméstico hay que referenciarlo al 55.2% que consumen el total de los electrodomésticos sobre el consumo total en el hogar.

- Standby 10.7%
- Otros (cafetera, batidora...) 3.5%

El consumo en kWh de estos electrodomésticos es, de media por año en España, de (IDAE, 2014):

- Frigorífico 662kWh
- Congelador 563kWh
- Lavadora 255kWh
- Lavavajillas 246kWh
- Secadoras 255kWh
- Horno 231kWh
- TV 263kWh
- Ordenadores 172kWh
- Standby 231kWh
- Otros (cafetera, batidora...) 76kWh

En el anexo 4, se describen las curvas de consumo de cada aparato eléctrico.

3.6 Consumo desplazable y no desplazable.

El consumo energético en un hogar es el resultado de la suma de los consumos de los diferentes aparatos eléctricos, citados en el apartado anterior. Hay ciertos aparatos eléctricos que deben estar en funcionamiento en todo momento, como por ejemplo, el frigorífico. Sin embargo, hay otros aparatos eléctricos que se pueden utilizar en otros períodos de tiempo diferentes a los comunes. Esta diferencia en el hábito del consumo de los aparatos eléctricos lleva a diferenciar la energía consumida en energía fija y energía movable en el tiempo. Esta división en energía fija y movable es muy útil para, más adelante en este TFG, optimizar el consumo de energía eléctrica que se produce en los hogares españoles.

Se entiende energía fija como la energía que se consume en un momento del día y no se puede modificar la hora del consumo, siendo estática en el tiempo. Como energía fija, de color rojo en las gráficas siguientes, se ha considerado el consumo de la iluminación (11.7%), el consumo del frigorífico (16.9%)¹¹, Standby de los aparatos eléctricos (6.6%), el Standby de los electrodomésticos (5.9%) y congeladores (3.4%). En total, la energía fija equivale al 44.46% del total del consumo producido cada día del año en un hogar estándar español.

¹¹ El consumo del frigorífico y de los demás electrodomésticos se calcula sobre el porcentaje (55.2%) del consumo realizado por los electrodomésticos.

Se entiende como energía movable a aquella energía producida por aparatos eléctricos cuyo período de funcionamiento se puede variar en el tiempo. La energía móvil, de color azul en los siguientes gráficos, corresponde al restante 55.54% del consumo total de energía consumida. Este porcentaje de consumo corresponde con los siguientes aparatos eléctricos: calefacción y refrigeración, ACS, cocina, lavadora, lavavajillas, secadoras, horno, TV, PC y otros electrodomésticos.

A continuación, se representan las curvas de los tres perfiles medios de consumidores de pvpc publicados por REE diferenciando entre energía movable y energía fija en el tiempo. Estos perfiles medios de consumidor de pvpc publicados por REE hacen referencia al consumo estimado que realizan los consumidores de pvpc que no tienen instalado contador inteligente en la vivienda, para después, facturar la energía consumida en la vivienda, aplicando estas curvas sobre el total del consumo realizado por el consumidor.

Para la representación de las curvas de consumidores de pvpc diferenciando entre energía fija y energía movable, lo que se hace es multiplicar el total de la energía horaria consumida por el porcentaje de energía fija y por el porcentaje de energía movable. Los datos que se representan en las gráficas son en %. Estos % son los coeficientes calculados y publicados por REE sobre la estimación de la curva de consumo que los consumidores de pvpc sin contador inteligente realizan en sus hogares.

La diferencia entre energía fija y movable representada a continuación no representa la realidad, ya que los aparatos eléctricos no consumen electricidad de forma constante durante las 24 horas del día, sino que hay horas del día en que están en funcionamiento, consumiendo energía eléctrica y otras horas del día en que no funcionan, sin producir consumo alguno o consumiendo el equivalente al Standby. A pesar de que estas gráficas no muestran la realidad, las siguientes gráficas son útiles para ver de forma gráfica la diferencia entre consumo fijo y consumo movable en el tiempo.

3.7 Curva diaria diferenciando entre consumos

3.7.1 Curva día invierno

Para un día de invierno, se ha escogido el 18/01/2017, las curvas medias de consumo son, para los tres perfiles de consumo de pvpc, las representadas a continuación:

- **Perfil 2.0A (Defecto):**

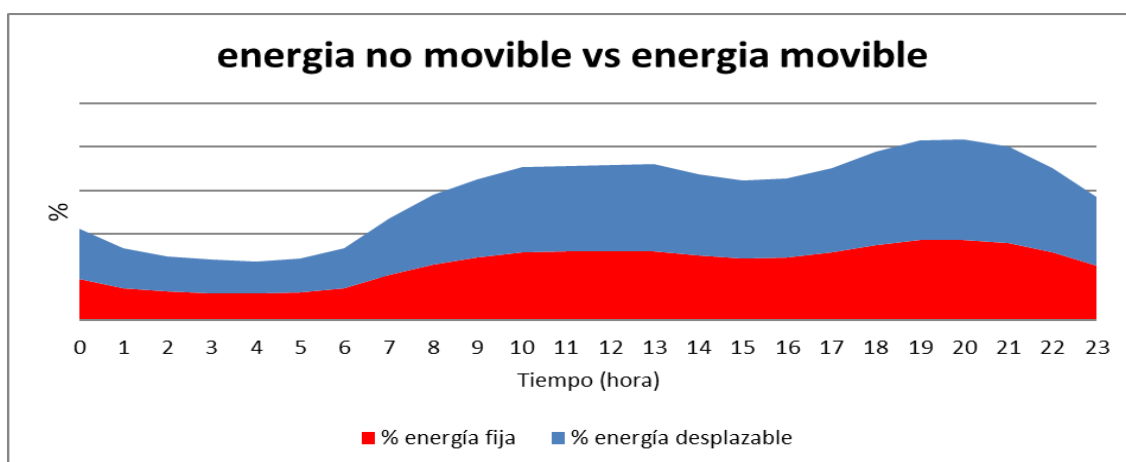


Figura 22: Perfil de consumidor 2.0A con diferencia entre energía movable y energía fija, día invierno.
Fuente: Elaboración propia-Datos REE

- **Perfil 2.0DHA (2 periodos):**

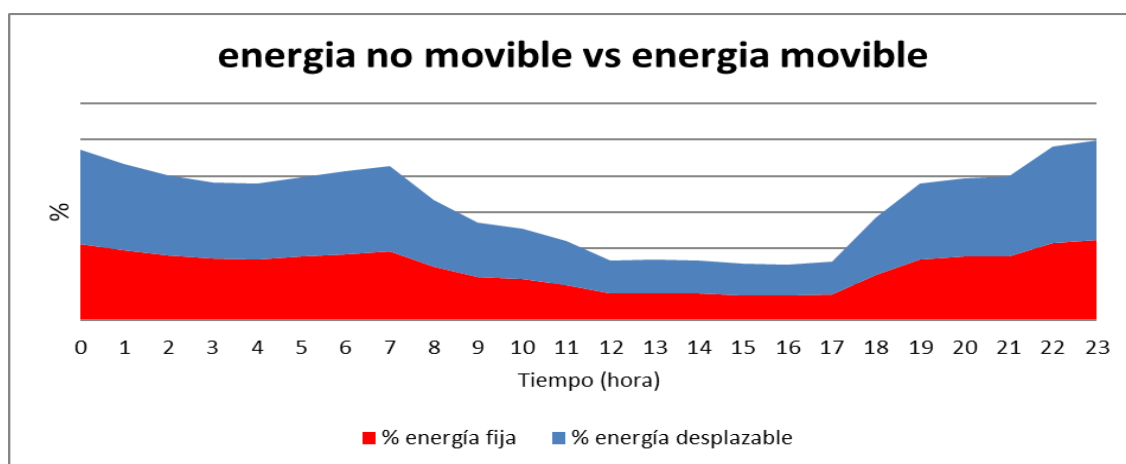


Figura 23: Perfil de consumidor 2.0DHA con diferencia entre energía movable y energía fija, día invierno.
Fuente: Elaboración propia-Datos REE

- **Perfil 2.0DHS (Vehículo eléctrico):**

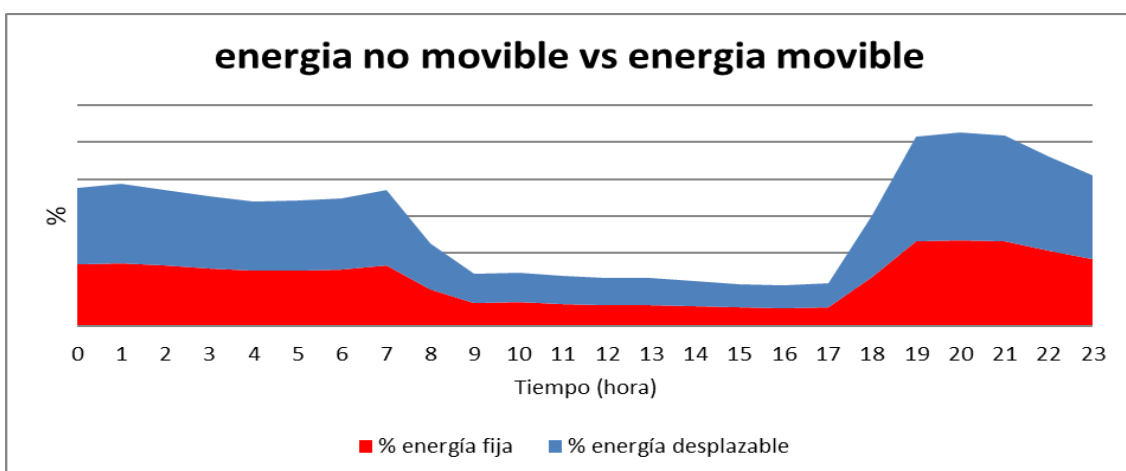


Figura 24: Perfil de consumidor 2.0DHS con diferencia entre energía movable y energía fija, día invierno.
Fuente: Elaboración propia-Datos REE

3.7.2 Curva día verano

Para un día de verano, se ha escogido el 19/07/2017, las curvas medias de consumo son, para los diferentes perfiles de consumo, las representadas a continuación:

• Perfil 2.0A (Defecto):

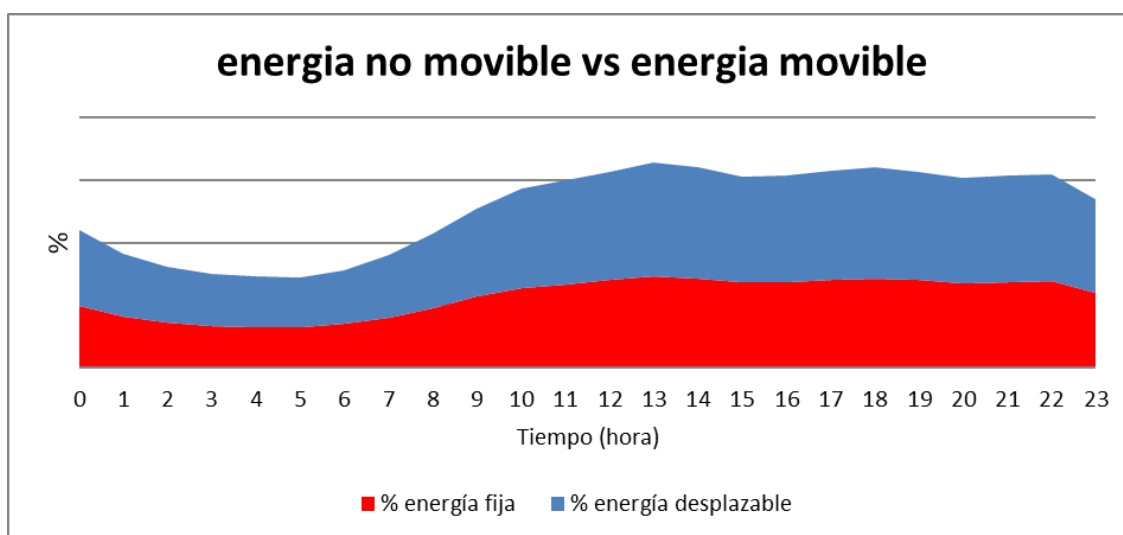


Figura 25: Perfil de consumidor 2.0A con diferencia entre energía movable y energía fija, día verano.
Fuente: Elaboración propia-Datos REE

• Perfil 2.0DHA (2 períodos):

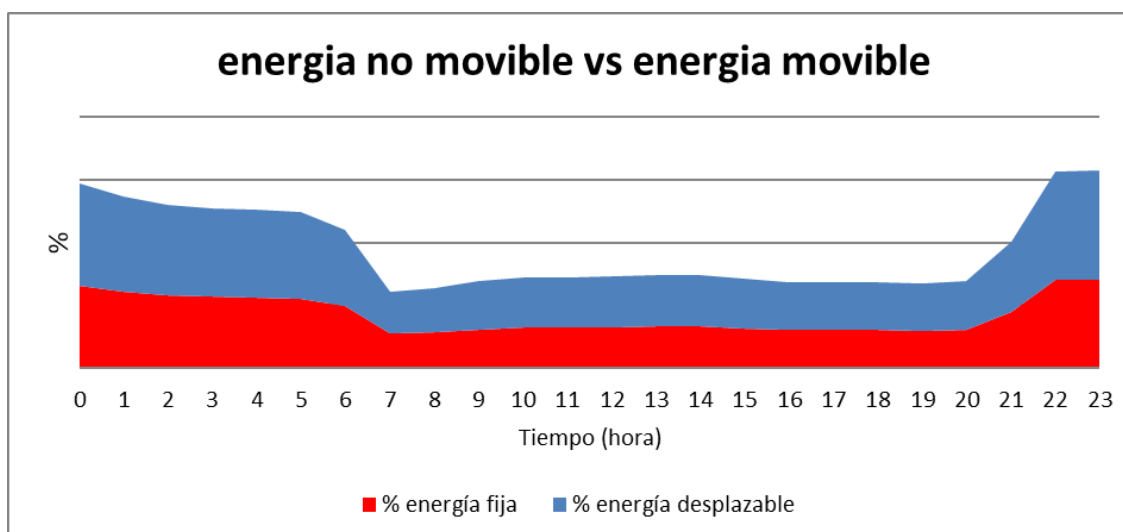


Figura 26: Perfil de consumidor 2.0DHA con diferencia entre energía movable y energía fija, día verano.
Fuente: Elaboración propia-Datos REE

- **Perfil 2.0DHS (Vehículo eléctrico):**

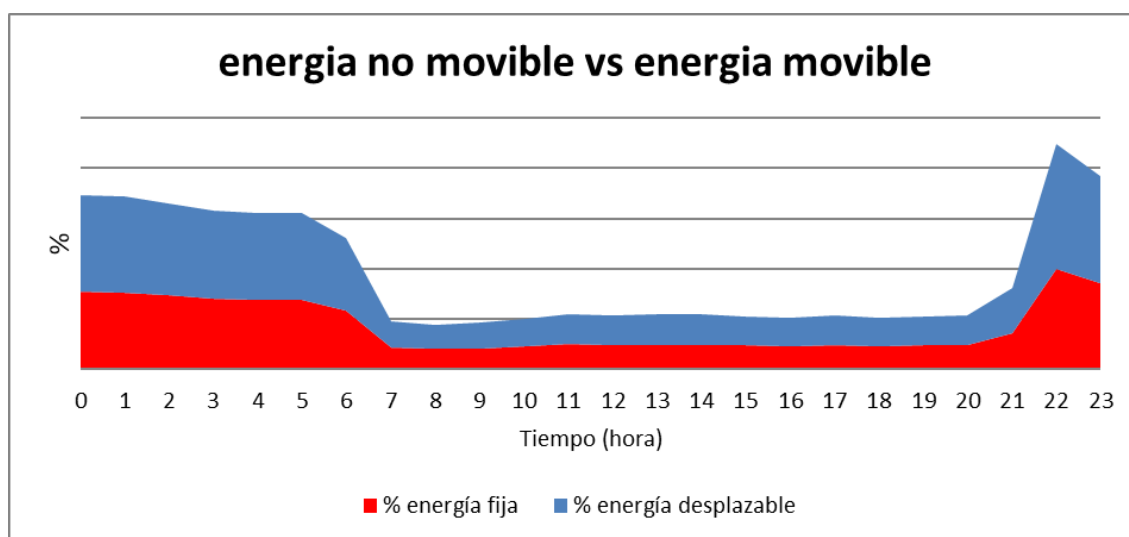


Figura 27: Perfil de consumidor 2.0DHS con diferencia entre energía movable y energía fija, día verano.
Fuente: Elaboración propia

3.8 Curva diaria diferenciando entre consumos por tecnología

A continuación, se representa la distribución de la energía movable separada en aparatos eléctricos en un día de verano y de invierno. Se ha considerado para el siguiente gráfico el perfil de consumidor 2.0A (defecto), aunque se puede hacer para cada tipo de consumidor. Las siguientes gráficas no representan las curvas reales de consumo, ya que los aparatos eléctricos no consumen electricidad de forma constante durante las 24 horas del día, sino que hay horas del día en que funcionan, consumiendo energía eléctrica, y otras horas del día en que no funcionan. A pesar de no mostrar la realidad, las siguientes gráficas son útiles para ver de forma gráfica la diferencia entre consumo de energía fija y consumo movable en el tiempo.¹²

3.8.1 Curva día invierno por aparatos eléctricos

La siguiente gráfica muestra la curva dibujada en un día de invierno, se ha escogido el día 18/01/2017, por los diferentes aparatos eléctricos que hay en un hogar medio:

¹² La curva de consumo estimada diferenciando el momento del día en que cada aparato eléctrico está en funcionamiento está explicada y representada en el anexo 4.

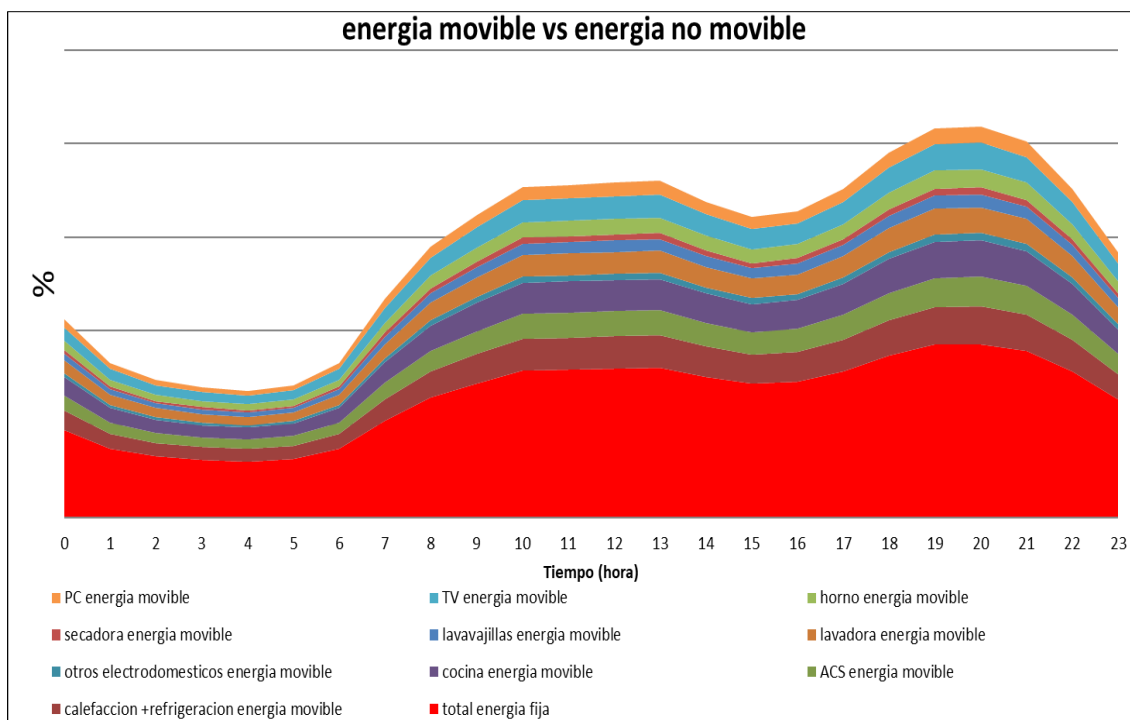


Figura 28: Curva de demanda día de invierno dividida en aparatos eléctricos. Fuente propia: Elaboración propia-Datos REE

3.8.2 Curva día verano por aparatos eléctricos

La siguiente gráfica muestra la curva dibujada en un día de verano, se ha escogido el día 19/07/2017, por los diferentes aparatos eléctricos que hay en un hogar medio:

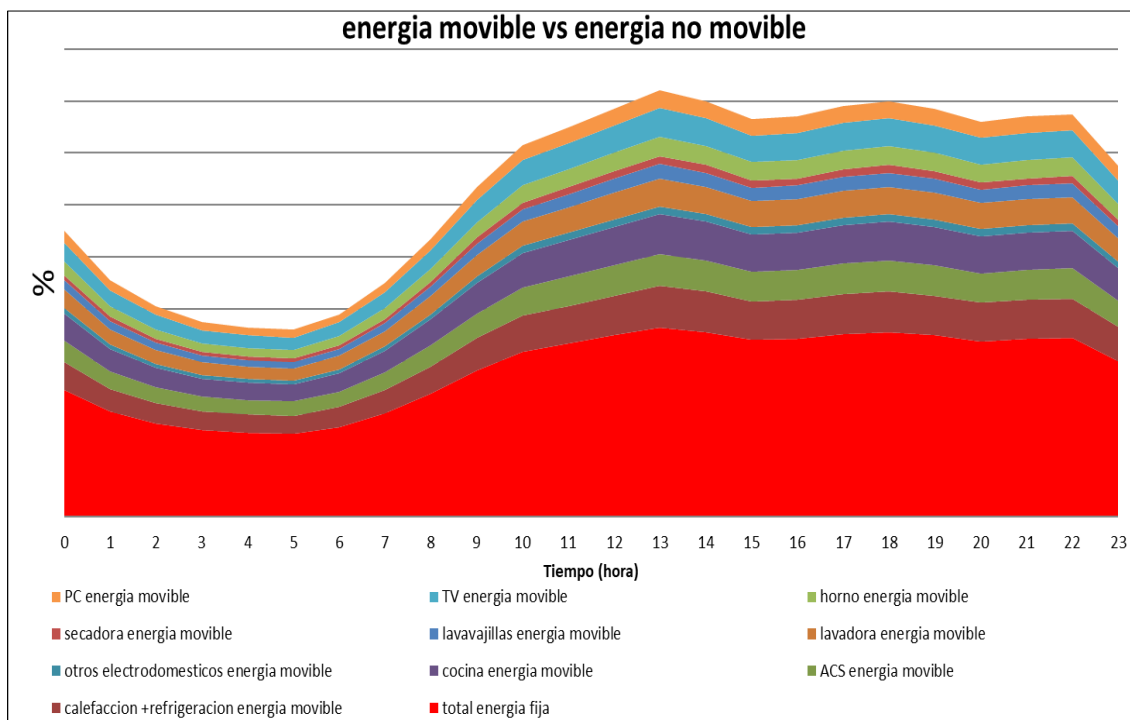


Figura 29: Curva de demanda día de verano dividida en aparatos eléctricos. Fuente: Elaboración propia-Datos REE

4. Beneficios esperados de la flexibilidad

El objetivo principal del trabajo es, mediante un estudio de optimización del consumo, obtener el máximo ahorro posible que un consumidor medio puede obtener adaptando el consumo desplazable a los precios de la energía eléctrica. Este ahorro monetario se va a llevar a cabo desplazando el consumo horario de las horas en las que la electricidad es más cara (horas punta) a las horas en las que la electricidad es más barata (horas valle), manteniendo constante en todo momento el consumo diario y anual, es decir, no se modifica la cantidad consumida, sino el momento en que se hace uso de esta energía. En resumen, se trata de ahorrar dinero en la factura de la electricidad, consumiendo lo mismo, pero a diferentes horas.

Otro beneficio que se consigue con el desplazamiento de la energía a las horas baratas, es el aplanamiento de la curva de demanda y la posible reducción del precio horario de la energía, reduciendo los picos de producción a unas determinadas horas del día, horas en las que entran a producir en el mix energético tecnologías como pueden ser los ciclos combinados o las centrales térmicas, las cuales son las más caras de producir y las más contaminantes. Con esta optimización del consumo, en una forma idónea, se conseguiría que no hiciera falta que produjeran las tecnologías térmicas o, por lo menos, que produjeran menos energía. Esto sería ventajoso para los consumidores de electricidad tanto económica como medioambientalmente.

La siguiente figura representa el desplazamiento del consumo de las horas punta a las horas valle. De color naranja se representa la curva de demanda de un día normal de invierno para un perfil 2.0A. De color morado se dibuja la energía de punta que se desplazaría a las horas valle, quedando como resultado de este desplazamiento de energía la curva amarilla.

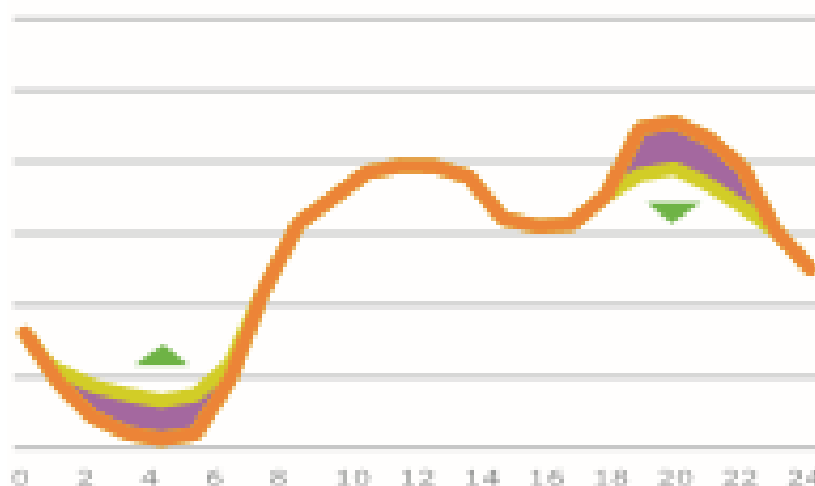


Figura 30: Curva de demanda antes y después del desplazamiento de energía. Fuente: Guía de consumo inteligente -REE

5. Planteamiento del problema

5.1 Hipótesis y planteamiento del problema

El instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía realizó un estudio sobre el consumo de energía en el sector residencial en España. En este informe se recoge el dato de la energía eléctrica consumida anual, de media, en cada hogar español, siendo de 3487kWh/hogar (IDAE, 2014). Este dato de energía consumida se toma como valor para el cálculo del consumo horario de los perfiles medios de consumidor de pvpc publicados por REE. Para el caso de estudio, se va a considerar que todos los años consumen los pequeños consumidores, de media en España, la misma cantidad de energía eléctrica.

Los consumidores que tienen instalado en sus hogares contador inteligente efectivamente integrado, la factura del consumo se realiza sobre el consumo real horario de acuerdo con la tarifa que tengan contratada. A diferencia de los consumidores anteriores, los consumidores que no tienen instalado en sus hogares un contador inteligente, si deciden contratar la tarifa de pvpc, la comercializadora de referencia¹³ multiplica la cantidad de energía eléctrica consumida en un período por los coeficientes de consumo que REE calcula y publica en la web ESIOS.

La optimización se va a realizar para los tres perfiles de consumidores de pvpc (2.0A, 2.0DHA, 2.0DHS) considerando que consumen 3487kWh/año (IDAE, 2014). Primero, se realiza la optimización del consumo sin considerar diferencia entre energía movable y energía fija. Después, se realiza la optimización considerando esta diferencia entre energías. La diferencia entre energía fija y energía movable no es real, ya que el consumo de cada aparato eléctrico no es constante durante las 24 horas del día, sino que a unas horas consumen electricidad y a otras no. A pesar de ello, el resultado es representativo para calcular el ahorro máximo que se puede obtener de optimizar el consumo de electricidad.

Se entiende energía fija como la energía que se consume en un momento del día y no se puede modificar la hora en la que se consume, siendo estática en el tiempo. Como energía fija, se ha considerado el consumo de la iluminación (11.7%), el consumo del frigorífico (16.9%)¹⁴, Standby de los aparatos eléctricos (6.6%), el Standby de los electrodomésticos (5.9%) y los congeladores (3.4%). En total, la energía fija equivale al 44.46% del total del consumo producido cada día del año en un hogar estándar español.

Se entiende como energía movable aquella energía consumida por una tecnología en un momento del día, pero que se puede modificar el momento del consumo. La energía móvil corresponde al restante 55.54% del consumo total de energía consumida. Este porcentaje de consumo corresponde con los siguientes aparatos eléctricos:

¹³ Las comercializadoras que ofrecen la tarifa pvpc son las comercializadoras de referencia.

¹⁴ El consumo del frigorífico y de los demás electrodomésticos se calcula sobre el porcentaje (55.2%) del consumo realizado por los electrodomésticos.

calefacción y refrigeración, ACS (calentamiento de agua), cocina, lavadora, lavavajillas, secadoras, horno, TV, PC y otros electrodomésticos.

El resultado que se va a obtener de la optimización de los perfiles de consumidor de pvpc estimados por REE, considerando que cada uno de ellos consume 3487kWh/año de energía, va a resultar imposible de llevar a cabo por un consumidor real, pues desplaza la mayoría del consumo a las horas de la madrugada, horas en las que el precio de la energía eléctrica es la más barata del día. Aunque estos resultados no son aceptables por un consumidor real por ser inviable de forma práctica, el resultado obtenido corresponde con el ahorro máximo que se puede obtener de gestionar el consumo de electricidad.

Para el consumo de energía eléctrica de un consumidor real con contador inteligente, se realiza la optimización considerando las mismas diferencias entre energía fija y movable que en el caso anterior. Al disponer de contador inteligente este consumidor, los datos que se disponen son los valores reales de la potencia consumida en kW. Debido a que se disponen los valores de potencia en W, no es necesario utilizar los perfiles de consumo estimado de REE. El resultado obtenido de la optimización no es viable por el consumidor, debido al desplazamiento del consumo a unas pocas horas del día, quedando el resto del día sin consumo o siendo este muy pequeño. Pero, a pesar de ser inviable para llevar a la práctica el resultado obtenido, el ahorro que se consigue es el correspondiente al máximo ahorro que se puede obtener gestionando el consumo de electricidad.

Para obtener resultados objetivos, se dibuja una curva de consumo diaria, resultado de la suma del consumo horario de cada aparato eléctrico. Se calcula la curva de consumo optimizada, resultado de la suma del consumo horario optimizado de cada aparato eléctrico. Se calcula la diferencia de costes durante un año para determinar el ahorro máximo objetivo que se puede conseguir optimizando el consumo de energía eléctrica.

5.2 Formulación para el cálculo de la optimización

Para llevar a cabo la optimización del consumo horario, se utiliza el programa informático Matlab. El código de Matlab se encuentra en el anexo 2. La ecuación utilizada para calcular la optimización es lineal, por lo que se utiliza la función `linprog` en Matlab.

$$X = \text{linprog} (f, A, b, Aeq, beq, Lb, Ub)$$

La función objetivo que hay que emplear para optimizar los consumos horarios es la siguiente:

$$f(x, y) = \sum_1^{24} \pi_{hora} \cdot e_{hora,movable}$$

- π_{hora} : Precio horario de la energía expresado en €/kWh.
- $e_{hora,movable}$: Total de la energía horaria desplazable en el tiempo, expresada en kWh.

Las restricciones que hay que tener en cuenta para llevar a cabo la optimización en Matlab son las siguientes:

$$\sum_1^{24} e_{hora,movable} = e_{total,movable}$$

$$0 \leq P_{hora,movable} \leq P_{contratada} - P_{hora,fija}$$

Donde la $P_{hora,movable}$ corresponde con la potencia media horaria consumida en una hora.

La primera restricción indica que el sumatorio de la energía horaria movable de un día es igual a la energía total que se puede mover en el día, $e_{total,movable}$, expresado en kWh.

La segunda restricción marca los límites entre los que tiene que estar la potencia horaria movable, $P_{hora,movable}$, expresado en W. Estos límites son:

- Límite inferior: El límite inferior es cero, pues no se puede consumir menos potencia que cero. Un número negativo indicaría generación de potencia.
- Límite superior: El límite superior es la diferencia del máximo de potencia que se puede consumir en una hora cualquiera del día, $P_{contratada}$ en W y la potencia fija en esa hora, $P_{hora,fija}$ en W. La potencia máxima que se puede consumir en una hora cualquiera del día es la potencia contratada. La potencia contratada por los consumidores de pvpc, de media en España, a fecha de septiembre de 2016 es, según el informe de la CNMC titulado "Boletín de Indicadores Eléctricos", de enero de 2017 (Comisión nacional de los mercados y la competencia, 2017, pág. 56), es igual a los siguientes valores:

- 2.0A 3780W/cliente
- 2.0DHA 5340W/cliente
- 2.0DHS 5660W/cliente

6. Resultados

6.1 Introducción

Antes de llevar a cabo la optimización del consumo, se va a calcular el coste de la potencia consumida con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor. Después, se comparará el valor que resulte del cálculo anterior aplicándole las otras dos tarifas, para así, calcular la tarifa óptima para cada perfil de consumidor antes de la optimización. Con esto, se consigue determinar el ahorro máximo que se puede obtener por el consumo de energía eléctrica aplicando la tarifa que le supone el menor coste al consumidor.

Para la optimización del consumo horario de energía eléctrica de cada perfil medio de consumidor de pvpc, se calculará la optimización y el ahorro máximo que se podría obtener suponiendo que el consumo es en su totalidad desplazable. Una vez hecho este cálculo, se realizará el mismo cálculo anterior, pero diferenciando entre consumo desplazable y consumo fijo. Esto es, se divide la energía entre energía que no se puede consumir en otro momento y energía que sí se puede consumir en otro momento del mismo día. Se entiende energía fija como la energía que se consume en un momento del día y no se puede modificar la hora en la que se consume, siendo estática en el tiempo. Como energía fija, se ha considerado el consumo de la iluminación y el consumo del frigorífico, el congelador, el Standby de los aparatos eléctricos y el Standby de los electrodomésticos. En total, la energía fija equivale al 44.46% del total del consumo producido durante un día cualquiera del año en un hogar estándar español. Se entiende como energía movable aquella energía consumida por una tecnología en un momento del día, pero que se puede modificar el momento del consumo. La energía móvil corresponde al restante 55.54% del consumo total de energía consumida. Este porcentaje de consumo corresponde con los siguientes aparatos eléctricos: calefacción y refrigeración, ACS, cocina, lavadora, lavavajillas, secadoras, horno, TV, PC y otros electrodomésticos. Al desplazar la energía a las horas baratas, se consigue ahorrar dinero. El objetivo del TFG es el desplazamiento óptimo de la energía para conseguir el máximo ahorro monetario posible. El ahorro se calcula de la diferencia entre el coste de la energía consumida sin optimizar menos el coste de la energía consumida optimizada.

6.2 Optimización consumidores estimados por REE

Para los consumidores que tienen contratada la tarifa regulada pvpc¹⁵ y no disponen de contador inteligente efectivamente integrado, la comercializadora calcula la tarifa multiplicando el total del consumo producido en un período de tiempo por los coeficientes de consumo calculados por REE.

¹⁵ Precio voluntario al pequeño consumidor.

El IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) realizó en el año 2014 un estudio sobre el consumo de energía eléctrica que hacen en España los consumidores domésticos de electricidad, es decir, los pequeños consumidores que están conectados a la red de baja tensión. Este informe recoge información sobre el consumo medio de un hogar en España, el consumo medio de diferentes electrodomésticos y aparatos que consumen electricidad y que utilizan cotidianamente los ciudadanos españoles, haciendo diferencia entre los meses de invierno y otoño, en los que la temperatura es más baja y los meses de primavera y verano, en los que la temperatura es más elevada.

Lo que se requiere para realizar la optimización del consumo energético es el valor horario de la energía consumida. En la página web ESIOS se pueden obtener los coeficientes de consumo de los tres perfiles de consumidor de pvpc (Red Eléctrica de España, s.f.). Estos perfiles de consumo medios estimados por REE están expresados en %, no siendo válidas estas unidades por el hecho de que no se pueden multiplicar por el precio de la energía (€/kWh). Para obtener los valores de energía horaria en unidades de kWh, hay que realizar un cálculo, el cual está expuesto en el apartado siguiente.

6.2.1 Cálculo del consumo de los perfiles estimados por REE

Para obtener los valores horarios de energía de todo un año en kWh y de potencia en W, se procede al cálculo siguiente. La energía media consumida en un año es de 3487kWh (IDAE, 2014).

$$K \cdot (\Sigma \text{ coeficientes por horas del año }) = E \text{ consumida año}$$

Se despeja la constante k (kWh),

$$K = \frac{E \text{ consumida año}}{\Sigma \text{ coeficientes por horas del año}} \quad (\text{kWh})$$

y se multiplica por cada coeficiente para calcular el consumo en kWh de cada hora de cada día del año.

$$E \text{ consumida hora} = K \cdot (\text{coeficientes por horas del año}) \quad (\text{kWh})$$

Se puede calcular fácilmente el valor de la potencia media horaria consumida en cada hora del año teniendo el valor de la energía media horaria. La energía consumida es, por definición, la potencia consumida en una hora, por lo que el valor de la potencia media consumida en una hora coincide con el valor de la energía consumida en una hora.

$$P \text{ consumida media hora} = \frac{E \text{ consumida hora}}{1 \text{ hora}} \quad (\text{kW})$$

6.2.2 Optimización día invierno/ verano

Como se ha comentado en el apartado 3.2, la curva de consumo es distinta durante los meses de invierno y los meses de verano. Aunque el resultado al que se quiere llegar es el ahorro máximo que se puede obtener optimizando el consumo de electricidad de un año entero, la optimización de un día de verano y de un día de invierno son representativos para ver en qué días el coste del consumo es más barato y en qué momento del año se puede ahorrar más dinero.

Se elige como el día de invierno el día 21/01/2015 y como el día de verano el día 22/07/2015.

Para la optimización del día de invierno y de verano, se va a calcular el costo del consumo sin optimizar y se va a comparar con las otras dos tarifas existentes para ver cuál es la tarifa idónea para cada perfil. Después de esto, se procede a la optimización del consumo. Para ello, primero se realiza la optimización sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable, y después con esa diferencia.

Optimización día invierno

Para empezar, se va a estudiar qué tarifa es la más adecuada para cada perfil de consumidor sin optimizar el consumo. Esto es sencillo de saber, sólo hay que calcular el coste de la potencia consumida del día estudiado y aplicarle las tres tarifas que hay, el coste de la energía más barato es el mejor para ese perfil de consumidor. Se puede comprobar este dato calculándolo en la página de Lumios de Red Eléctrica de España. En esta página web, introduciendo el valor de la energía consumida en un día y seleccionando el día que se consumió dicha energía, calcula automáticamente el costo de la energía en ese período para esa energía y comenta cual sería el costo con otras tarifas.

- Para el perfil 2.0A o defecto, aplicándole la tarifa 2.0A o defecto, el coste de la energía consumida en el día 21/01/2015 es de 1.60€. El costo de la energía sería de 1.41€ si se le aplicase la tarifa de dos períodos o 2.0DHA.

Desde (lectura inicial)	Hasta (lectura final)	P1 (100% h.)
21 / 01 / 2015	22 / 01 / 2015	12,43

BORRAR ✕

RESULTADO

P1 (0,128667 €/kWh)	1,60 €
Peaje de acceso (12,43 kWh X 0,044027 €/kWh)	0,55 €
Coste de la energía (12,43 kWh X 0,084640 €/kWh)	1,05 €
Término de facturación de la energía	
1,60 €	

Con la tarifa eficiencia 2 periodos (DHA) y considerando un consumo constante, este término habría sido **1,26 €**

Figura 31: Precio energía perfil 2.0A según LUMIOS, día invierno. Fuente: Lumios-REE

- Para el perfil 2.0DHA o dos períodos, el coste de la energía es de 1.39€. Si se le aplicase otra tarifa, el coste sería mayor, por lo que se puede afirmar que es la mejor tarifa la 2.0DHA para el perfil 2.0DHA.

Desde (lectura inicial)	Hasta (lectura final)	P1 (42% h.)	P2 (58% h.)
21 / 01 / 2015	22 / 01 / 2015	4.886	9.674

BORRAR ✕

RESULTADO

P1 (0,152420 €/kWh)	0,74 €
Peaje de acceso (4.886 kWh X 0,062012 €/kWh)	0,30 €
Coste de la energía (4.886 kWh X 0,090408 €/kWh)	0,44 €
P2 (0,065068 €/kWh)	0,63 €
Peaje de acceso (9.674 kWh X 0,002215 €/kWh)	0,02 €
Coste de la energía (9.674 kWh X 0,062853 €/kWh)	0,61 €
Término de facturación de la energía	
1,37 €	

Con la tarifa por defecto, este término habría sido **1,87 €**

Figura 32: Precio energía perfil 2.0DHA según LUMIOS, día invierno. Fuente: Lumios-REE

- Para el perfil 2.0DHS o vehículo eléctrico, el consumo de energía es de 1.17€. Si se le aplicase otra tarifa, el coste sería de 1.14€ con la tarifa 2.0DHA. La reducción del coste es pequeña. La tarifa 2.0DHA es la mejor para este perfil de consumo.

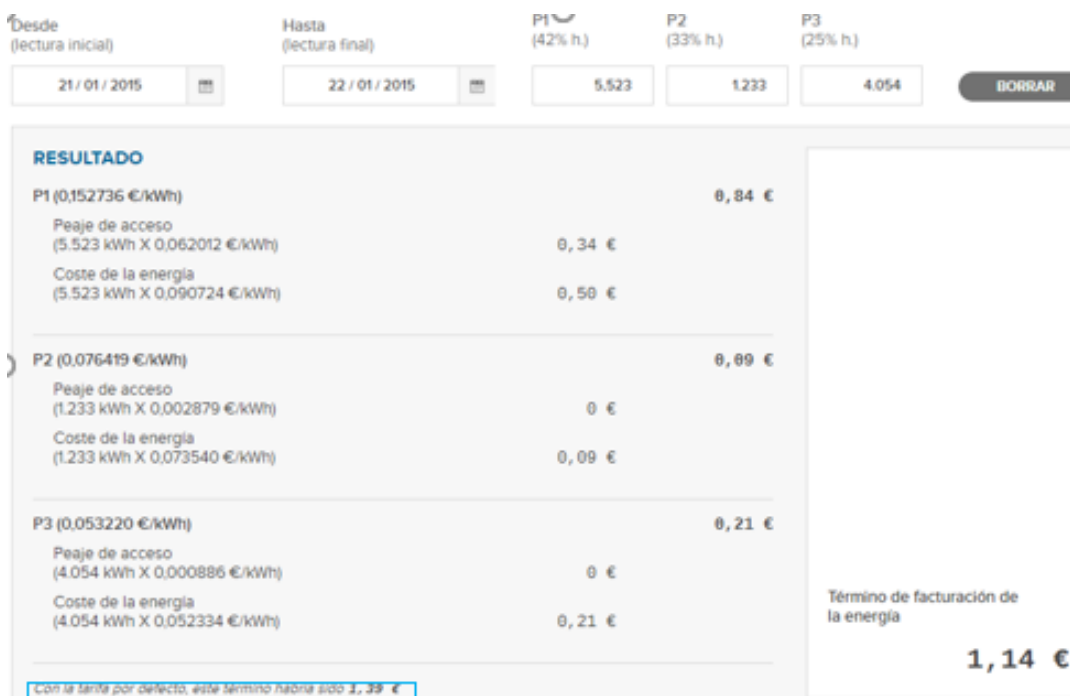


Figura 33: Precio energía perfil 2.0DHS según LUMIOS, día invierno. Fuente: Lumios-REE

En esta última imagen, el valor que da del costo difiere en décimas del valor calculado en el excel, esta diferencia es debida a que en el excel, el coste de la energía consumida se multiplica por el precio de la energía en esa hora, sin embargo, en la página Web de Lumios, el consumo se divide en tres períodos con precios horarios de la energía constantes durante cada uno de dichos períodos.

Optimización día invierno sin diferenciación:

A continuación, se van a mostrar las curvas de consumo sin optimizar, las curvas de consumo optimizada y el ahorro máximo tanto monetario como en porcentaje que se consigue al optimizar la potencia consumida con su correspondiente tarifa. En este primer caso, no se diferencia entre potencia fija y potencia movable. Al no diferenciar entre potencia fija y potencia movable, lo que se puede producir es que no haya consumo o este sea mínimo en las horas en las que el precio de la energía sea más cara, desplazándose el consumo a las horas baratas del día. Esta optimización se desarrolla para calcular el máximo ahorro posible, aunque en la práctica, no es viable para un consumidor real.

- **Perfil defecto o 2.0A:**

La siguiente gráfica representa la curva de potencia sin optimizar y la curva de potencia optimizada sin hacer distinción entre potencia fija y potencia movable. De color azul se representa la curva de consumo antes de optimizar y de color rojo la curva de consumo optimizada.

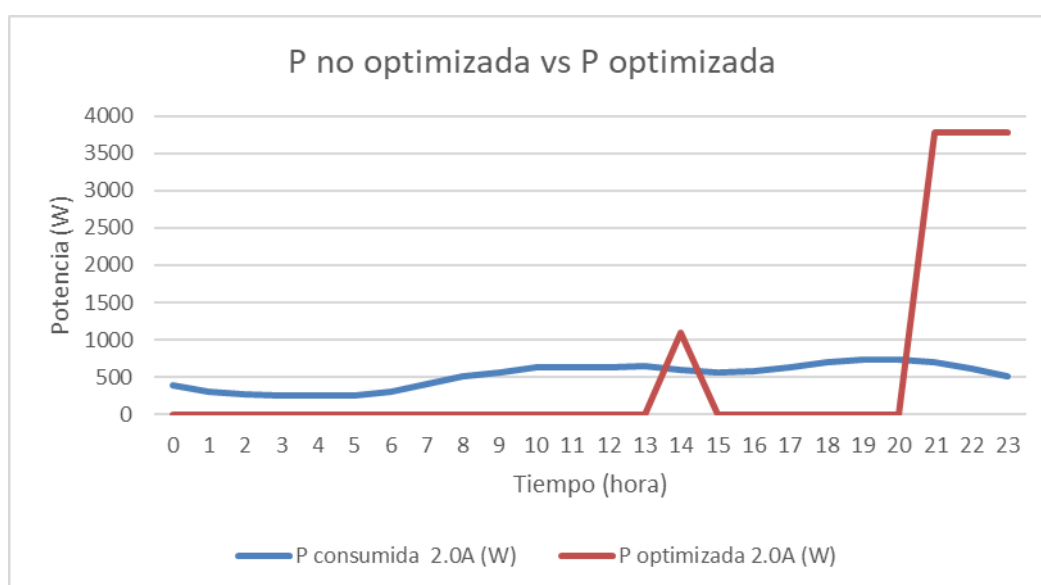


Figura 34: Curva de consumo sin optimizar y optimizada sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable para el perfil 2.0A. Fuente: Elaboración propia

El ahorro conseguido con la optimización al aplicar la tarifa 2.0A es de 0.23€, equivalente a 14.18%.

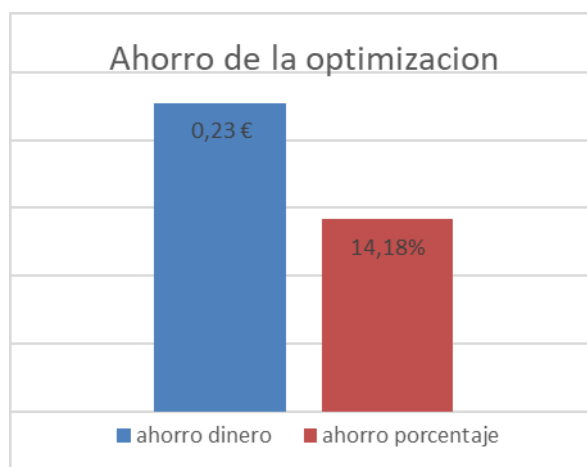


Figura 35: Ahorro máximo conseguido optimizando el consumo del perfil de consumidor 2.0A con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor, en el día 22/01/2015. Fuente: Elaboración propia

Para calcular si se puede obtener un mayor ahorro, se calcula la optimización de la potencia consumida por el perfil de consumidor 2.0A con las otras dos tarifas de pvpc. El resultado de las curvas de consumo del perfil 2.0A optimizadas aplicando las tres tarifas de pvpc son las siguientes:

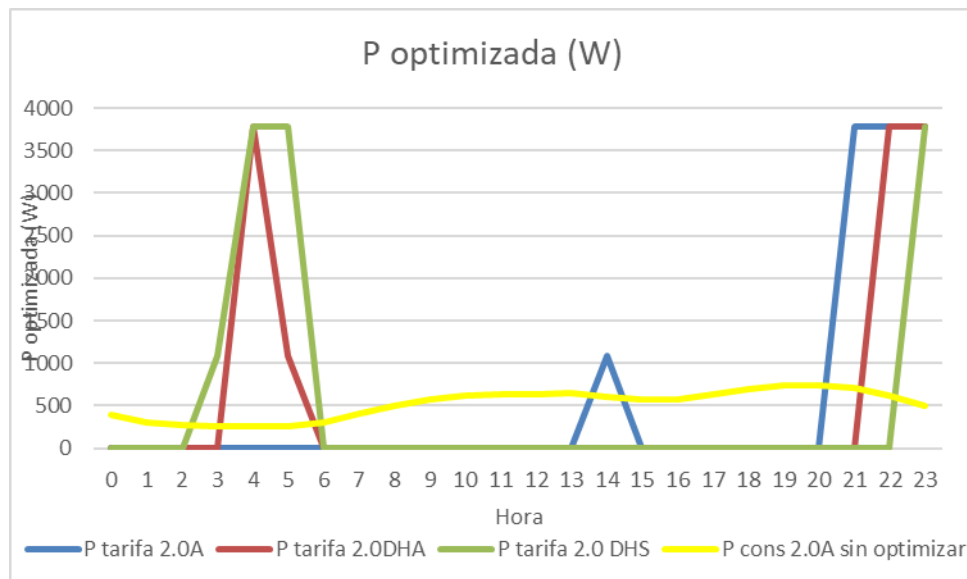


Figura 36: Curvas optimizadas del consumidor 2.0A aplicándole las tres tarifas de pvpc existentes, y de color amarillo la curva sin optimizar del consumidor 2.0A. Fuente: Elaboración propia

El ahorro máximo que se consigue aplicándole al perfil 2.0A las otras tarifas de pvpc es de 0.85€, un 53.24% más barata, este ahorro se consigue aplicándole la tarifa 2.0DHA.

En resumen, el ahorro máximo que se consigue para un perfil de consumidor 2.0A, sin diferenciar entre potencia fija y movable, es con la tarifa 2.0DHA.

- **Perfil dos períodos o 2.0DHA:**

La siguiente gráfica representa en color azul la curva de consumo antes de optimizar y en color rojo la curva de consumo optimizada.

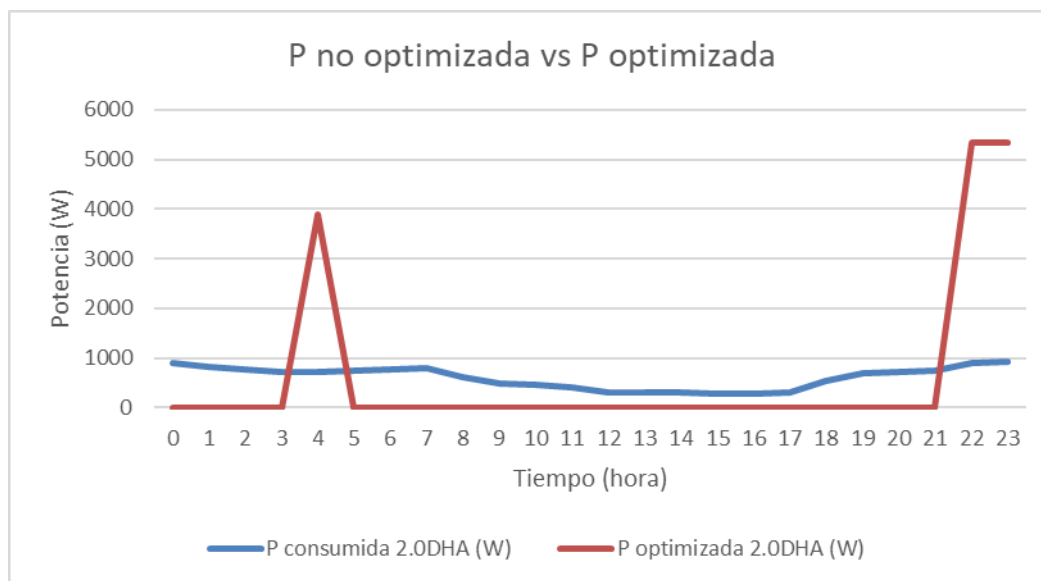


Figura 37: Curva de consumo sin optimizar y optimizada sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable para el perfil 2.0DHA. Fuente: Elaboración propia

El ahorro conseguido optimizando con la tarifa 2.0DHA al perfil de consumo 2.0DHA es de 0.53€, equivalente a 38.01%.

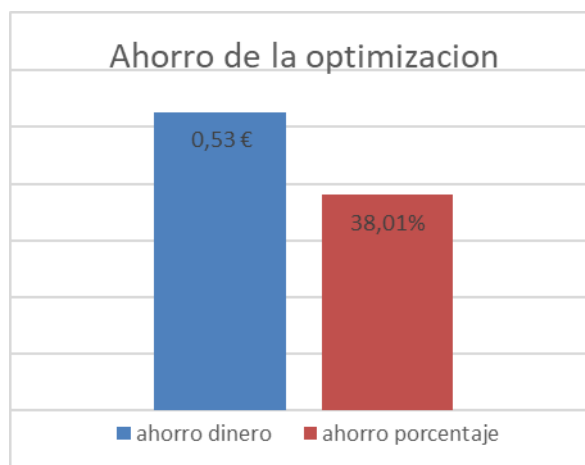


Figura 38: Ahorro máximo conseguido optimizando el consumo del perfil de consumidor 2.0DHA con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor, en el día 22/01/2015. Fuente: Elaboración propia

Para calcular si se puede obtener un mayor ahorro, se calcula la optimización de la potencia consumida por el perfil de consumidor 2.0DHA con las otras dos tarifas de pvpc. El resultado de las curvas de consumo optimizadas para el perfil 2.0DHA aplicando las tres tarifas de pvpc son las siguientes:

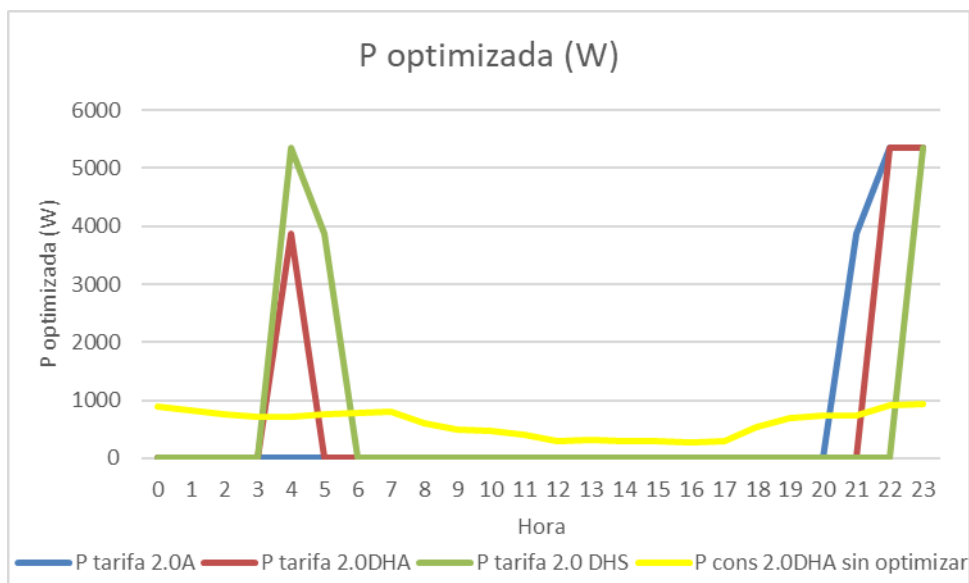


Figura 39: Curvas optimizadas del consumidor 2.0DHA aplicándole las tres tarifas de pvpc existentes, y de color amarillo la curva sin optimizar del consumidor 2.0DHA. Fuente: Elaboración propia

El ahorro máximo para un perfil de consumidor 2.0DHA, sin diferenciar entre potencia fija y movable, se consigue con la tarifa 2.0DHA, ya que, optimizando el consumo 2.0DHA con las otras tarifas se encarece el coste.

- **Perfil vehículo eléctrico o 2.0DHS:**

La siguiente gráfica representa en color azul la curva de consumo antes de optimizar y en color rojo la curva de consumo optimizada.

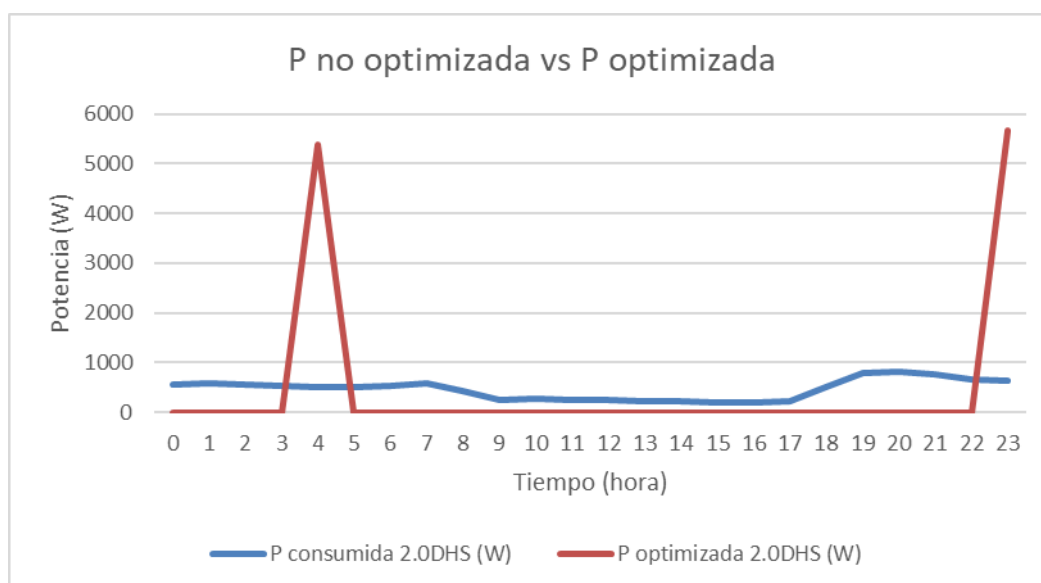


Figura 40: Curva de consumo sin optimizar y optimizada sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable para el perfil 2.0DHS. Fuente: Elaboración propia

El ahorro conseguido optimizando con la tarifa 2.0DHS al perfil de consumo 2.0DHS es de 0.48€, equivalente a 42.13%.

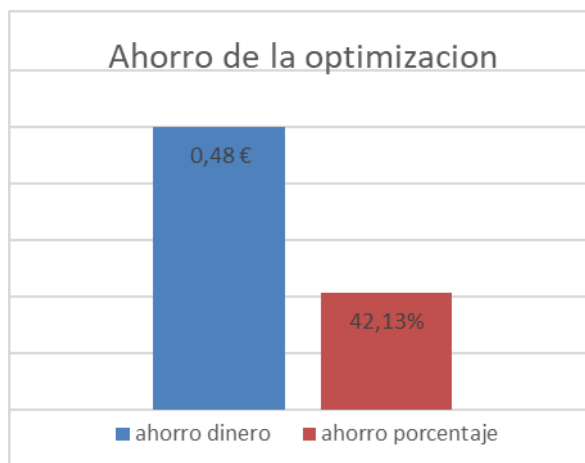


Figura 41: Ahorro máximo conseguido optimizando el consumo del perfil de consumidor 2.0DHA con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor, en el día 22/01/2015. Fuente: Elaboración propia

Para calcular si se puede obtener un mayor ahorro, se calcula la optimización de la potencia consumida por el perfil de consumidor 2.0DHS con las otras dos tarifas de pvpc. El resultado de las curvas de consumo optimizadas para el perfil 2.0DHS aplicando las tres tarifas de pvpc son las siguientes:

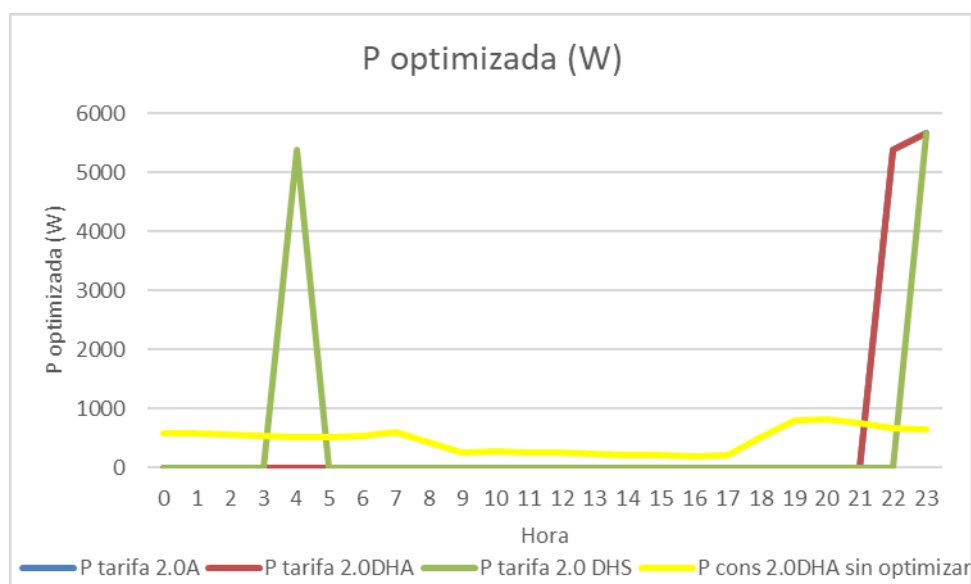


Figura 42: Curvas optimizadas del consumidor 2.0DHS aplicándole las tres tarifas de pvpc existentes, y de color amarillo la curva sin optimizar del consumidor 2.0DHS. Fuente: Elaboración propia

El ahorro máximo que se consigue optimizando el consumo del perfil 2.0DHS con las otras tarifas es de 0.52€, un 45.37% menos que el coste de la potencia con su

correspondiente tarifa sin optimizar. Este ahorro se consigue optimizando el consumo del perfil 2.0DHS con la tarifa 2.0DHA.

El ahorro máximo para un perfil de consumidor 2.0DHS, sin diferenciar entre potencia fija y movable, se consigue con la tarifa 2.0DHA.

Optimización día invierno con diferenciación:

Diferenciando entre potencia fija y potencia movable, los resultados son los mostrados a continuación. Se recuerda que la energía fija equivale al 44.46% del total del consumo producido durante un día cualquiera del año en un hogar estándar español. Se entiende como energía movable aquella energía consumida por una tecnología en un momento del día, pero que se puede modificar el momento del consumo. La energía móvil, corresponde al restante 55.54% del consumo total de energía consumida.

Al optimizar diferenciando entre potencia fija y potencia movable, el porcentaje de potencia que es fija se calcula con el precio horario de la tarifa que se esté empleando en cada caso. La potencia fija no se optimiza.

- **Perfil defecto o 2.0A:**

A continuación se representa, a la izquierda, la curva de consumo sin optimizar diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul), y a la derecha, la curva de consumo optimizada diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul)¹⁶.

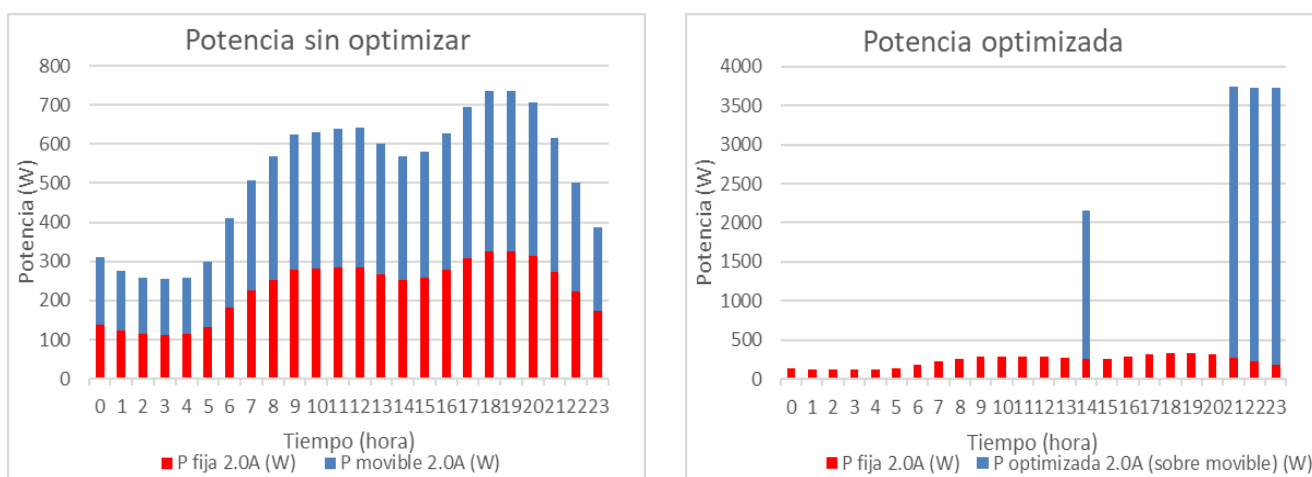


Figura 43: A la izquierda, la curva de consumo perfil de consumo 2.0A diferenciando entre potencia fija y potencia movable, y a la derecha, la curva de consumo optimizada del perfil 2.0A diferenciando entre potencia fija y potencia movable. Fuente: Elaboración propia

¹⁶La potencia fija es la misma en las dos gráficas, pero debido a la escala del eje vertical, parecen distintas.

El ahorro que se consigue al optimizar la potencia consumida por el perfil defecto es de 0.14€ respecto al coste de la potencia sin optimizar, lo que corresponde al 8.89%.

Si se optimiza el consumo aplicándole las otras dos tarifas, el ahorro máximo que se consigue es de 0.59€, correspondiente a un 36.69% respecto al coste con la tarifa 2.0A. Este ahorro se consigue aplicándole la tarifa 2.0DHA.

El ahorro máximo para un perfil 2.0A, diferenciando entre potencia fija y movable, se consigue con la tarifa 2.0DHA.

- **Perfil dos períodos o 2.0DHA:**

A continuación se representa, a la izquierda, la curva de consumo sin optimizar diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul), y a la derecha, la curva de consumo optimizada diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul)¹⁷.

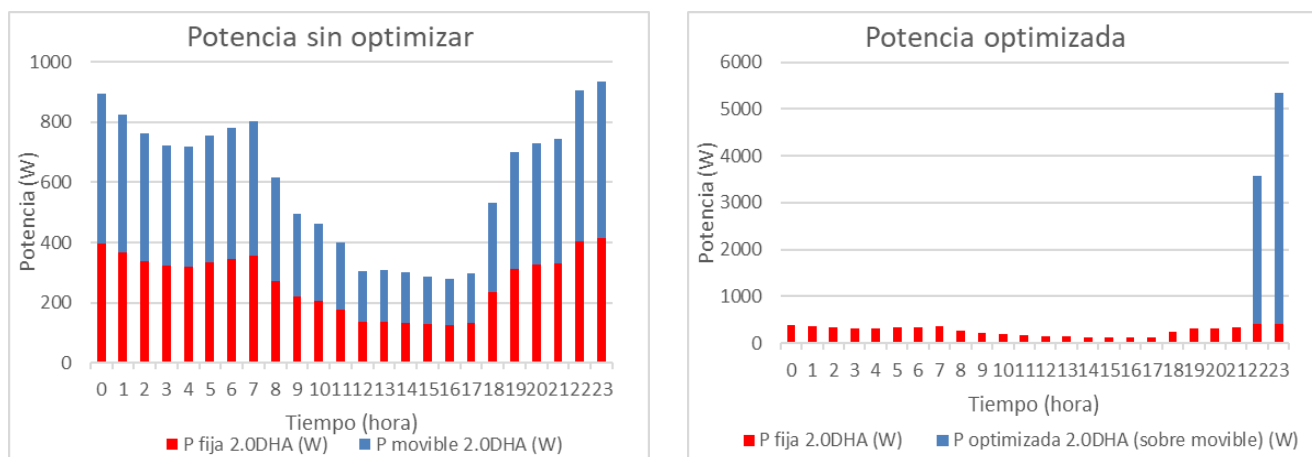


Figura 44: A la izquierda, la curva de consumo perfil de consumo 2.0DHA diferenciando entre potencia fija y potencia movable, y a la derecha, la curva de consumo optimizada del perfil 2.0DHA diferenciando entre potencia fija y potencia movable. Fuente: Elaboración propia

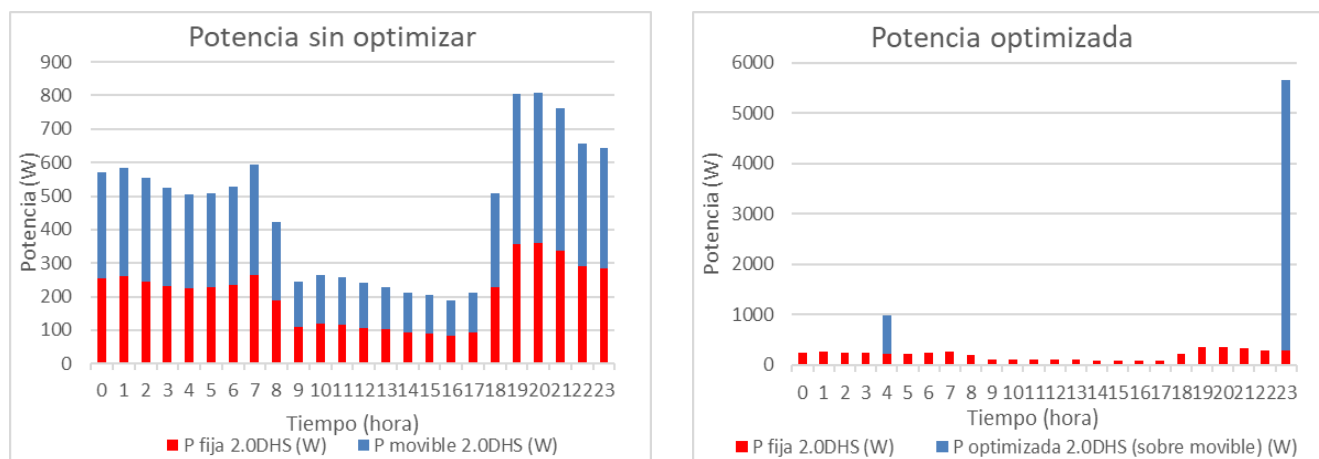
El ahorro que se consigue al optimizar la potencia consumida por el perfil dos periodos es de 0.32€ respecto al coste de la potencia sin optimizar, lo que corresponde a un 22.87%.

Si se optimiza el consumo aplicándole las otras dos tarifas no se consigue ningun ahorro, el coste es mayor, por lo que **el ahorro máximo se consigue con la tarifa correspondiente al perfil de consumo estudiado, es decir, la tarifa 2.0DHA.**

¹⁷La potencia fija es la misma en las dos gráficas, pero debido a la escala del eje vertical, parecen distintas.

- **Perfil vehículo eléctrico o 2.0DHS:**

A continuación se representa, a la izquierda, la curva de consumo sin optimizar diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul), y a la derecha, la curva de consumo optimizada diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul)¹⁸.



El ahorro que se consigue al optimizar la potencia consumida por el perfil vehículo eléctrico es de 0.28€ respecto al coste de la potencia sin optimizar, lo que corresponde a un 24.31%.

Si se optimiza el consumo aplicándole las otras dos tarifas, el ahorro máximo que se consigue es de 0.31€, equivalente a un 27.34% respecto al coste con la tarifa 2.0DHS. Este ahorro se consigue aplicándole la tarifa 2.0DHA. **El ahorro máximo para un perfil 2.0DHS, diferenciando entre potencia fija y movable, se consigue con la tarifa 2.0DHA.**

Resumen día invierno

1. **Antes de optimizar:** El perfil de consumidor y la tarifa más barata corresponde al perfil 2.0DHS aplicándole la tarifa 2.0DHA.
2. **Optimizando sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable:** El ahorro máximo se consigue para el perfil de consumidor 2.0DHS aplicándole la tarifa 2.0DHA.
3. **Optimizando diferenciando entre potencia fija y potencia movable:** El ahorro máximo se consigue con el perfil de consumo 2.0DHS aplicándole la tarifa 2.0DHA.

¹⁸La potencia fija es la misma en las dos gráficas, pero debido a la escala del eje vertical, parecen distintas.

Optimización día verano

Al igual que en el día de invierno, se va a calcular el precio de la energía sin optimizar, después, se comparará el coste total de la energía consumida aplicando las otras dos tarifas pvpc. Una vez calculado esto, se procederá a la optimización, comentando el ahorro máximo que se puede obtener y con qué tarifa, sin diferenciar y diferenciando entre potencias.

- **Perfil 2.0A:**

La cantidad de energía consumida por el perfil defecto en este día es de 10274Wh, que corresponde al coste de 1.42€. Aplicando la tarifa 2.0DHA a este perfil de consumidor se consigue un ahorro de un 12%. **La tarifa óptima, antes de optimizar, para el consumidor 2.0A es la tarifa 2.0DHA.**



Figura 46: Precio energía perfil 2.0A según LUMIOS, día verano. Fuente: Lumios-REE

- **Perfil 2.0DHA:**

El consumidor 2.0DHA consume en este día de verano la cantidad de 6484Wh, repartidos en dos períodos de tiempo. En verano, las horas punta se producen entre las 12-22h, y las horas valle entre las 23-13h. La cantidad de energía en las horas punta es de 2469Wh, y la cantidad de energía consumida en las horas valle es de 4015Wh. El coste de la energía con la tarifa 2.0DHA es de 0.68€. Si se aplicase otra tarifa no se conseguiría ningún ahorro monetario. **La tarifa óptima, antes de optimizar, para el consumidor 2.0DHA es la tarifa 2.0DHA.**

Desde (lectura inicial)	Hasta (lectura final)	P1 (42% h.)	P2 (58% h.)	
22 / 07 / 2015	23 / 07 / 2015	2.469	4.015	BORRAR

RESULTADO	
P1 (0,161074 €/kWh)	0,39 €
Peaje de acceso (2.469 kWh X 0,062012 €/kWh)	0,15 €
Coste de la energía (2.469 kWh X 0,099062 €/kWh)	0,24 €
P2 (0,076263 €/kWh)	0,31 €
Peaje de acceso (4.015 kWh X 0,002215 €/kWh)	0,01 €
Coste de la energía (4.015 kWh X 0,074048 €/kWh)	0,30 €
Término de facturación de la energía 0,70 €	
Con la tarifa por defecto, este término habría sido 0,90 €	

Figura 47: Precio energía perfil 2.0DHA según LUMIOS, día verano. Fuente: Lumios-REE

- **Perfil 2.0DHS:**

El perfil de vehículo eléctrico consume en las horas punta 3041Wh, en las horas valle 2769Wh y en las horas supervalle 3961Wh. El costo de la energía es de 0.99€. Si se aplicase otra tarifa no habría ahorro. **La tarifa óptima, antes de optimizar, para el consumidor 2.0DHS es la tarifa 2.0DHS.**

Desde (lectura inicial)	Hasta (lectura final)	P1 (42% h.)	P2 (33% h.)	P3 (25% h.)	
22 / 07 / 2015	23 / 07 / 2015	3.041	2.769	3.961	BORRAR

RESULTADO	
P1 (0,161081 €/kWh)	0,49 €
Peaje de acceso (3.041 kWh X 0,062012 €/kWh)	0,19 €
Coste de la energía (3.041 kWh X 0,099069 €/kWh)	0,30 €
P2 (0,085764 €/kWh)	0,24 €
Peaje de acceso (2.769 kWh X 0,002879 €/kWh)	0,01 €
Coste de la energía (2.769 kWh X 0,082885 €/kWh)	0,23 €
P3 (0,066021 €/kWh)	0,26 €
Peaje de acceso (3.961 kWh X 0,000886 €/kWh)	0 €
Coste de la energía (3.961 kWh X 0,065135 €/kWh)	0,26 €
Término de facturación de la energía 0,99 €	
Con la tarifa por defecto, este término habría sido 1,35 €	

Figura 48: Precio energía perfil 2.0DHS según LUMIOS, día verano. Fuente: Lumios-REE

Optimización día invierno sin diferenciación:

Se va a proceder a optimizar el consumo sin hacer diferencia entre el consumo que se podría desplazar y el consumo fijo.

- **Perfil 2.0A:**

La gráfica siguiente representa la curva de consumo y la curva optimizada del consumidor medio 2.0A.

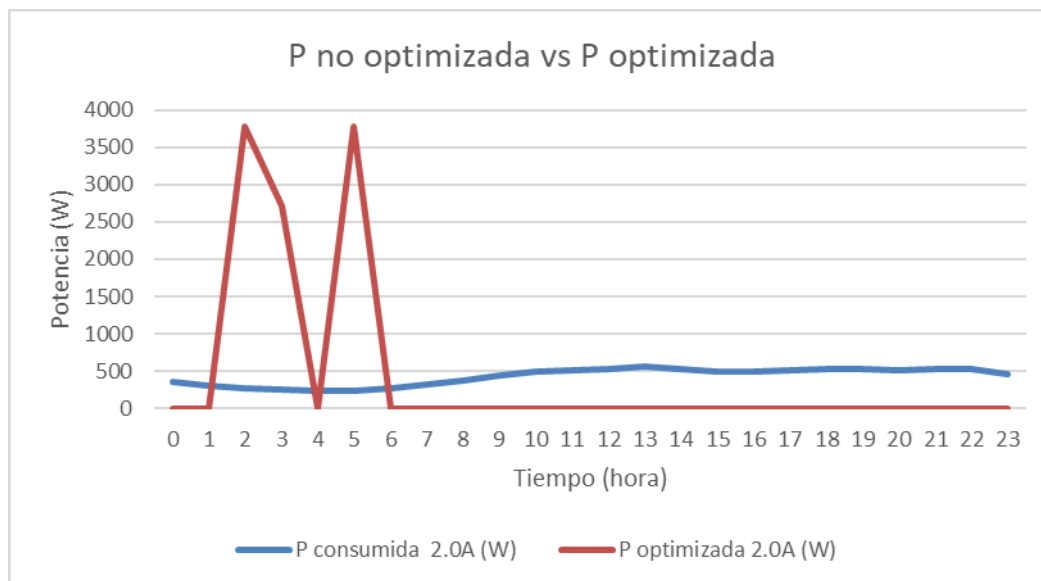


Figura 49: Curva de consumo sin optimizar y optimizada sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable para el perfil 2.0A. Fuente: Elaboración propia

El coste de la energía sin optimizar es de 1.41€ aplicándole la tarifa 2.0A. Si se optimiza el consumo, el valor de la energía consumida es de 1.26€, consiguiéndose un ahorro de 0.15€, equivalente a un 10.53%.

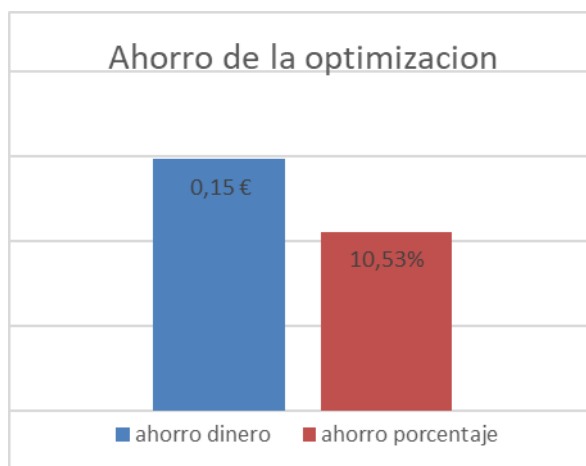


Figura 50: Ahorro máximo conseguido optimizando el consumo del perfil de consumidor 2.0A con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor, en el día 22/07/2015. Fuente: Elaboración propia

Si se optimiza la energía aplicando otra tarifa pvpc, el ahorro máximo se consigue aplicando la tarifa 2.0DHS siendo este de un 52.33%, 0.74€ respecto a la optimización con la tarifa 2.0A.

- **Perfil 2.0DHA:**

La gráfica siguiente representa la curva de consumo y la curva optimizada del consumidor medio 2.0DHA.

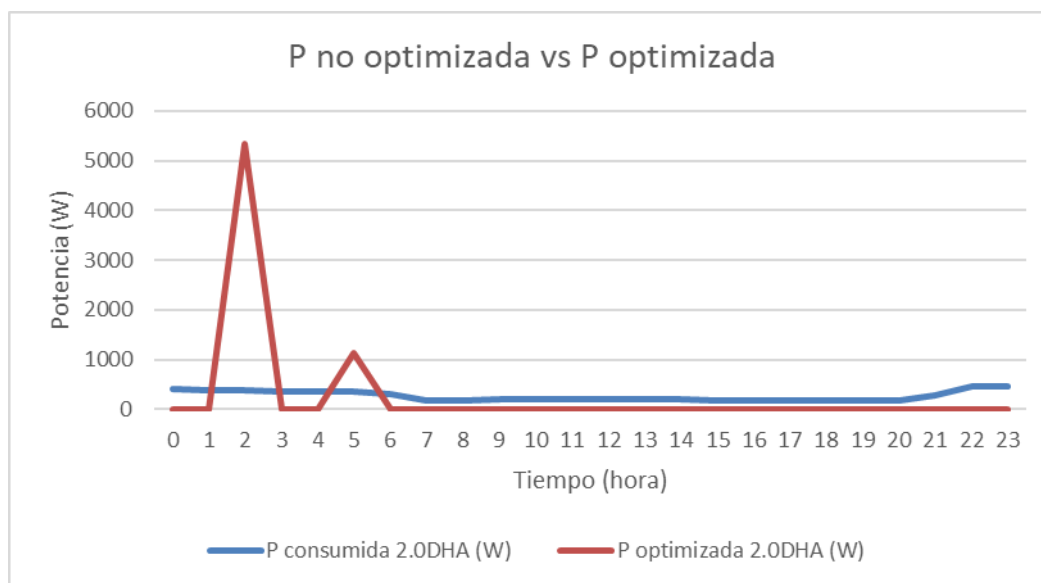


Figura 51: Curva de consumo sin optimizar y optimizada sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable para el perfil 2.0DHA. Fuente: Elaboración propia

El coste de la energía sin optimizar es de 0.68€ aplicándole la tarifa 2.0DHA. Si se optimiza el consumo, el valor de la energía consumida es de 0.44€, consiguiéndose un ahorro monetario de 0.24€, equivalente a un 34.95%.

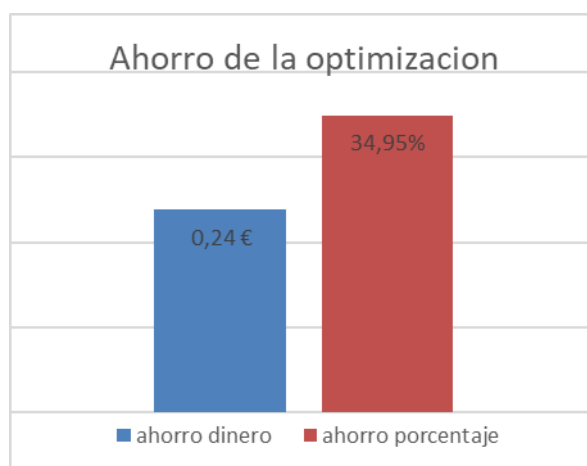


Figura 52: Ahorro máximo conseguido optimizando el consumo del perfil de consumidor 2.0DHA con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor, en el día 22/07/2015. Fuente: Elaboración propia

Si se optimiza la energía aplicando otra tarifa, **el ahorro máximo se consigue aplicando la tarifa 2.0DHS** siendo este de un 38.01%, 0.26€ respecto a la optimización con la tarifa 2.0DHA.

- **Perfil 2.0DHS:**

La gráfica siguiente representa la curva de consumo y la curva optimizada del consumidor medio 2.0DHS.

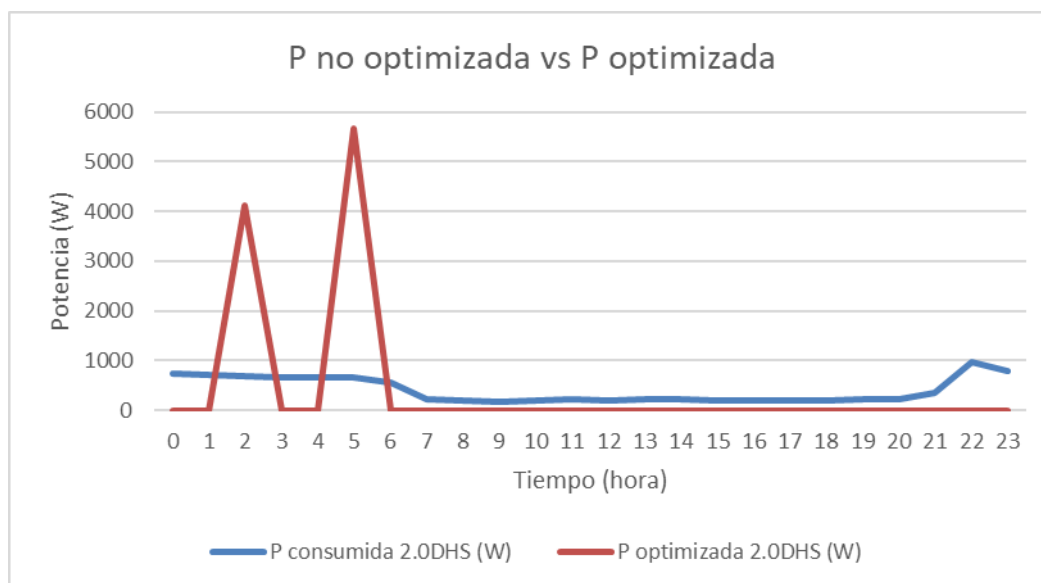


Figura 53: Curva de consumo sin optimizar y optimizada sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable para el perfil 2.0DHS. Fuente: Elaboración propia

El coste de la energía sin optimizar es de 0.99€ aplicándole la tarifa 2.0DHS. Si se optimiza el consumo, el valor de la energía consumida es de 0.64€, 0.35€ más barata, equivalente a un 35.21%.

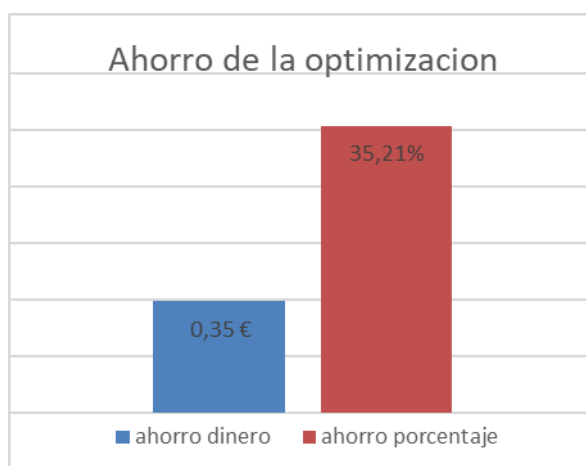


Figura 54: Ahorro máximo conseguido optimizando el consumo con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor, en este caso el perfil 2.0DHS. Fuente: Elaboración propia

Si se optimiza la energía aplicando otra tarifa, no se consigue ningún ahorro. **Luego, el ahorro máximo se consigue aplicando la tarifa 2.0DHS.**

Optimización diferenciando entre potencias

A continuación, se va a proceder a optimizar el consumo diferenciando entre potencia fija y potencia movable.

La energía fija no se puede optimizar (mover el consumo), debido a que, como su nombre indica, es fija. Para calcular el coste de la energía horaria fija, se multiplica esta por el precio horario de la energía en esa hora con la tarifa que se aplique en cada caso.

- **Perfil 2.0A:**

A continuación se representa, a la izquierda, la curva de consumo sin optimizar diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul), y a la derecha, la curva de consumo optimizada diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul)¹⁹.

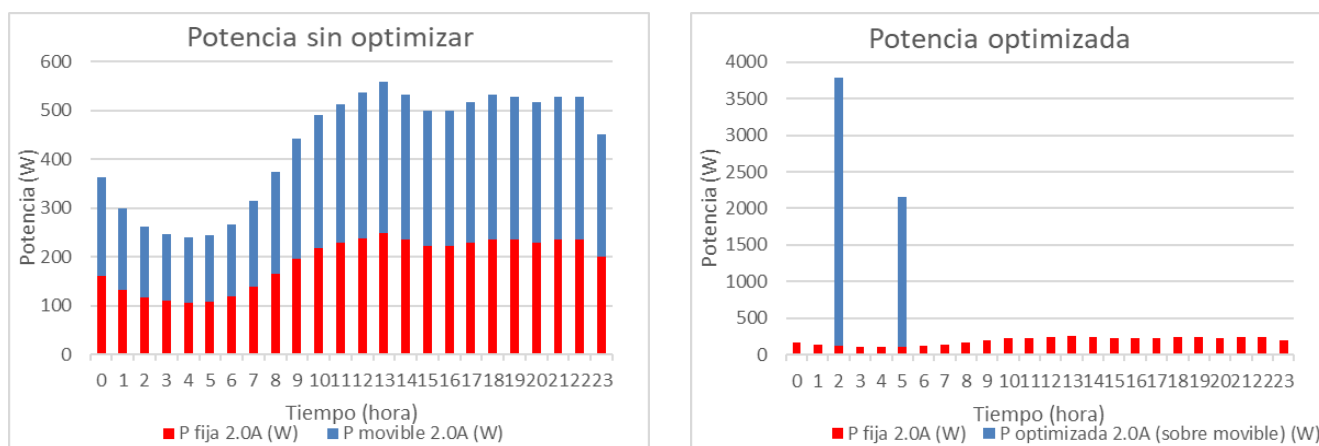


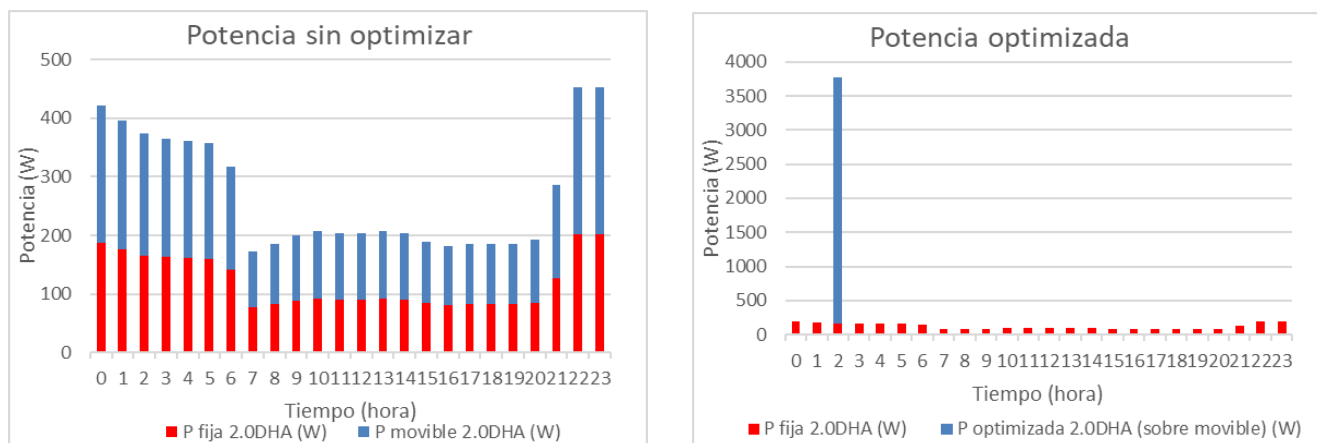
Figura 55: A la izquierda, la curva de consumo perfil de consumo 2.0A diferenciando entre potencia fija y potencia movable, y a la derecha, la curva de consumo optimizada del perfil 2.0A diferenciando entre potencia fija y potencia movable. Fuente: Elaboración propia

El coste de la energía consumida es de 1.41€ con la tarifa 2.0A, si se optimiza se consigue un ahorro de 6.08%, equivalente a 0.09€. Si se aplicase la optimización con otra tarifa pvpc, se conseguiría un ahorro de un 34.24%, equivalente a 0.48€, este ahorro se conseguiría aplicando la tarifa 2.0DHS. **La tarifa óptima, optimizando con la diferenciación entre potencia fija y potencia movable, para el perfil de consumidor 2.0A, es la tarifa 2.0DHS.**

¹⁹La potencia fija es la misma en las dos gráficas, pero debido a la escala del eje vertical, parecen distintas.

- **Perfil 2.0DHA:**

A continuación se representa, a la izquierda, la curva de consumo sin optimizar diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul), y a la derecha, la curva de consumo optimizada diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul)²⁰.



El coste de la energía consumida es de 0.68€ con la tarifa 2.0DHA, si se optimiza se consigue un ahorro de 19.44%, equivalente a 0.13€. Si se aplicase la optimización con otra tarifa pvpc, se conseguiría un ahorro de un 25.57%, equivalente a 0.17€ aplicando la tarifa 2.0DHS. **La tarifa óptima, optimizando con la diferenciación entre potencia fija y potencia movable, para el perfil de consumidor 2.0DHA, es la tarifa 2.0DHS.**

- **Perfil 2.0DHS:**

A continuación se representa, a la izquierda, la curva de consumo sin optimizar diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul), y a la derecha, la curva de consumo optimizada diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul)²¹.

²⁰La potencia fija es la misma en las dos gráficas, pero debido a la escala del eje vertical, parecen distintas.

²¹La potencia fija es la misma en las dos gráficas, pero debido a la escala del eje vertical, parecen distintas.

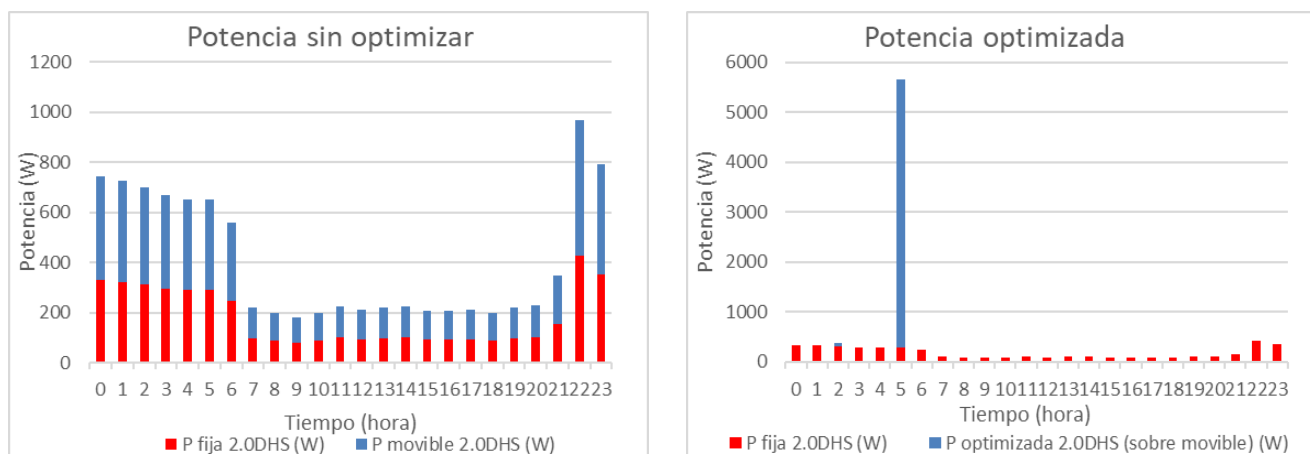


Figura 57: A la izquierda, la curva de consumo perfil de consumo 2.0DHS diferenciando entre potencia fija y potencia móvil, y a la derecha, la curva de consumo optimizada del perfil 2.0DHS diferenciando entre potencia fija y potencia móvil. Fuente: Elaboración propia

El coste de la energía consumida es de 0.98€ con la tarifa 2.0DHS, si se optimiza se consigue un ahorro de 19.62%, equivalente a 0.19€. Si se aplicase la optimización con otra tarifa pvpc, no se conseguiría ningún ahorro adicional al conseguido optimizando con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor. **La tarifa óptima, optimizando con la diferenciación entre potencia fija y potencia móvil, para el perfil de consumidor 2.0DHS, es la tarifa 2.0DHS.**

Resumen día verano

1. **Antes de optimizar:** El perfil de consumidor y la tarifa más barata corresponde con el perfil 2.0DHA con la tarifa 2.0DHA
2. **Optimizando sin diferenciar entre potencia fija y potencia móvil:** El ahorro máximo se consigue para el perfil de consumidor 2.0DHA con la tarifa 2.0DHS.
3. **Optimizando diferenciando entre potencia fija y potencia móvil:** El ahorro máximo se consigue con el perfil de consumo 2.0DHA aplicándole la tarifa 2.0DHS.

6.2.3 Optimización año

A continuación, se va a proceder a optimizar el consumo anual de los tres perfiles de consumidor de la tarifa pvpc estimados por REE. El período de estudio es de un año entero, se elige el año 2015 por ser el último año finalizado no bisiesto.

Los valores de potencia del año 2015 para los tres perfiles de consumidor de la tarifa pvpc se obtienen aplicando el cálculo descrito en el apartado 6.2.1.

Cada año, con el objetivo, por parte del gobierno, de reducir el consumo de energía eléctrica, se cambia la hora el último sábado del mes de octubre y el último

sábado del mes de abril. Para evitar que haya un día con 23 horas y un día con 25 horas, en el día que se adelanta la hora se ha añadido una hora, y en el día en que se atrasa una hora se ha eliminado una hora. En el caso de eliminar una hora, el precio y el consumo de energía se han calculado mediante un promedio entre la hora anterior y la hora siguiente.

Antes de empezar con la optimización del consumo, se va a comentar cual sería la mejor tarifa para cada perfil de consumidor.

- **Defecto o 2.0A:** El precio de la energía consumida es de 427.86€. Si se le aplicase otra tarifa diferente a la de defecto, el precio sería de 373.05€ con la tarifa 2.0DHA, consiguiendo un ahorro de un 13% o 54.8€ respecto al coste con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor. **La tarifa óptima para el perfil 2.0A es la tarifa 2.0DHA.**
- **Dos períodos o 2.0DHA:** El coste de la energía consumida por este perfil es de 316.1€. Si se le aplicase otra tarifa el costo sería mayor. **La tarifa óptima para el perfil 2.0DHA es la 2.0DHA.**
- **Vehículo eléctrico o 2.0DHS:** El coste de la energía consumida por este perfil es de 326.15€. Si se le aplicase otra tarifa, el coste se reduciría un 1% hasta los 321.84€, consiguiendo un ahorro de 4.31€. **La tarifa óptima para el consumidor 2.0DHS antes de optimizar el consumo es la 2.0DHA.**

Optimización del consumo sin diferenciar entre energías:

A continuación, se va a proceder a realizar la optimización del consumo de potencia eléctrica, durante el año 2015, de los tres perfiles de consumidor pvpc calculados por REE.

Al optimizar el consumo, la energía se desplaza a las horas en las que el precio de la energía es más barato. Los desplazamientos tienen que cumplir dos limitaciones: que la potencia en el resto de horas no sea inferior a cero y que la potencia no sea superior a la potencia contratada.

Los resultados que arrojan estos cálculos son teóricos, no representan la realidad, un consumidor real no puede imitar los resultados de la optimización que a continuación se detalla, debido a que se desplaza el consumo en la optimización a unas horas, quedando el resto de horas sin consumo. Pero, este cálculo es significativo para calcular cuál puede ser el máximo ahorro que un consumidor puede obtener gestionando el consumo.

Para empezar, se va a optimizar el consumo de potencia sin diferenciar entre energía fija y energía movable.

- **Perfil 2.0A o defecto:**

La siguiente imagen muestra el consumo realizado por el perfil de consumidor 2.0A. El consumo tiene pocas variaciones durante el año, no tiene grandes saltos de consumo entre los diferentes meses del año y las diferentes estaciones meteorológicas.

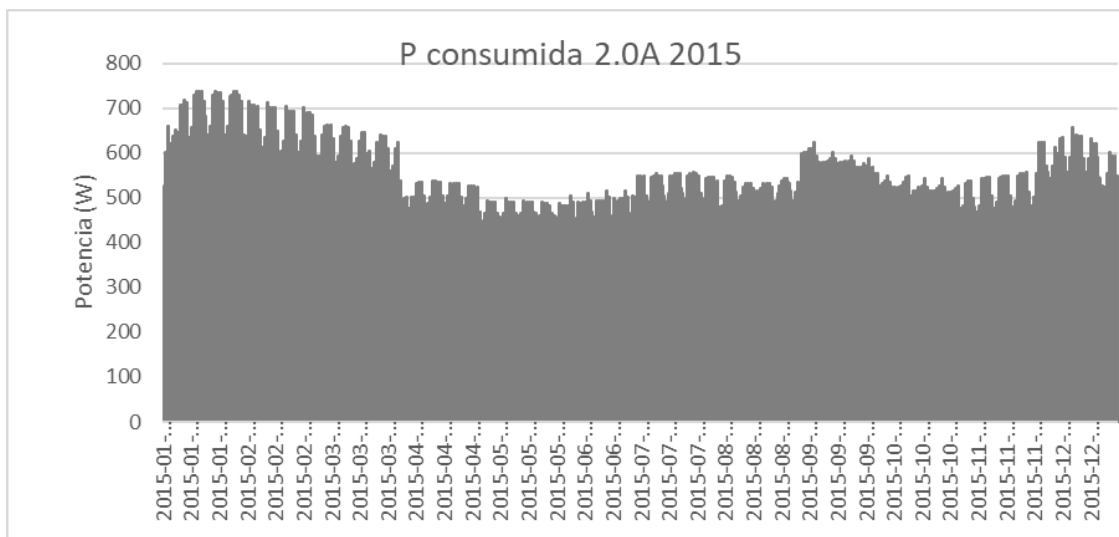


Figura 58: Potencia consumida año 2015 perfil de consumidor 2.0A.

Al optimizar el consumo de energía sin diferenciar entre energía fija y energía movable, se considera que toda la energía es movable, lo que ocasiona que los consumos se desplazan a las horas en las que el valor de la energía horaria es menor, por lo que quedan horas sin consumo y otras horas en las que el consumo es el máximo permitido por la tarifa, es decir, horas en las que se consume el máximo de potencia contratada. En la imagen siguiente, se aprecian líneas de color azul, correspondientes al consumo y líneas blancas, correspondientes a horas en las que no se consume potencia o el consumo es muy pequeño.

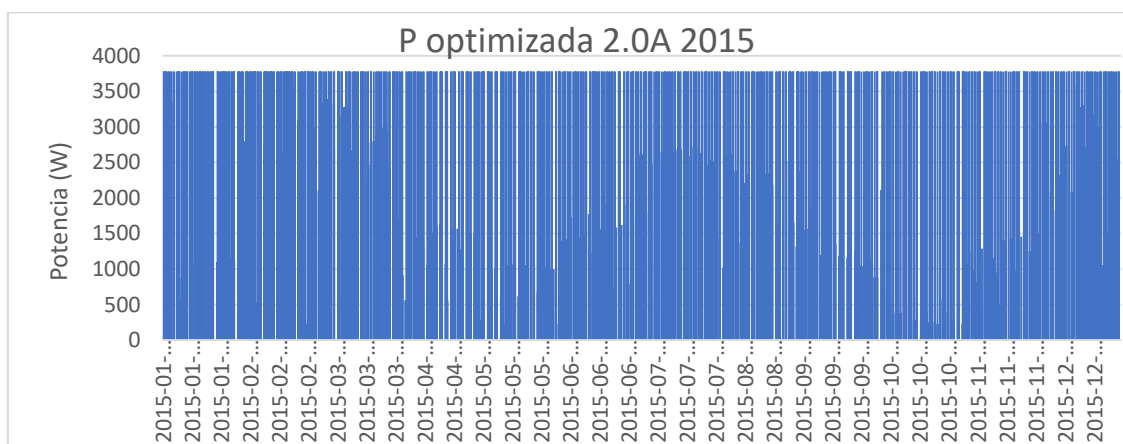


Figura 59: Potencia optimizada consumida año 2015 perfil de consumidor 2.0A.

El coste de la energía consumida por el perfil 2.0A sin optimizar con la tarifa 2.0A, es decir, la correspondiente al perfil de consumidor, es de 427.86€. Al optimizar el consumo se consigue un ahorro de un 11.87%, 50.78€ respecto al coste sin optimizar. Si se optimiza el consumo del perfil 2.0A aplicándole las otras dos tarifas de pvpc, el ahorro máximo se consigue optimizando el consumo con la tarifa 2.0DHS, consiguiéndose un ahorro de 235.96€, equivalente a un 55.15% respecto a la optimización con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor (2.0A). **La tarifa óptima para el perfil 2.0A es 2.0DHS.**

- **Perfil 2.0DHA o dos períodos:**

La siguiente imagen representa la curva de consumo realizada por el perfil 2.0DHA. Se aprecian variaciones mes a mes, estas variaciones tienen su origen en el uso de la calefacción, calentamiento de agua, refrigeración y las horas de ocio fuera del hogar que se producen en las diferentes estaciones meteorológicas del año.

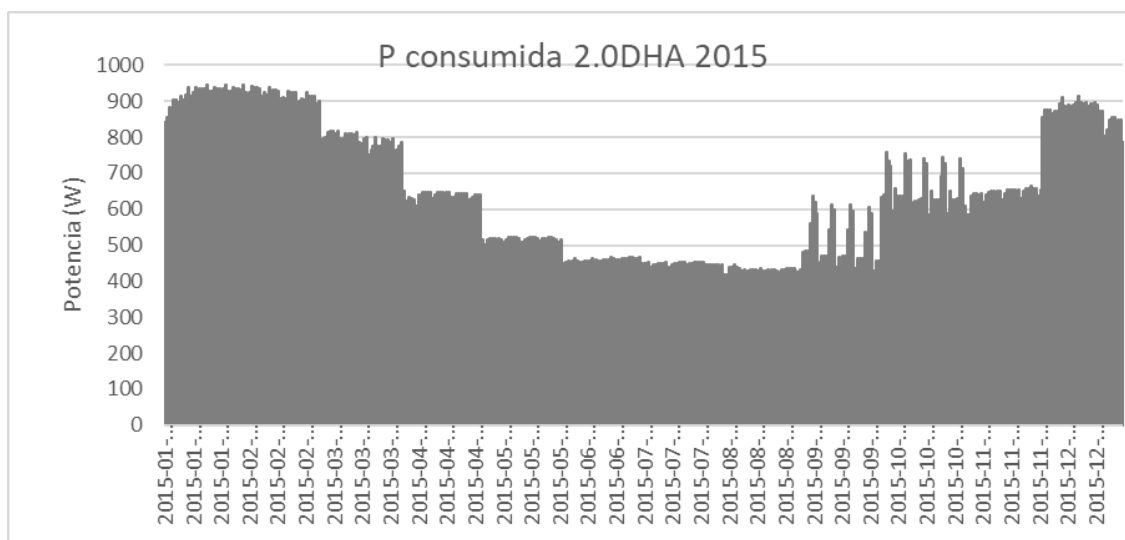


Figura 60: Potencia consumida año 2015 perfil de consumidor 2.0DHA.

Al optimizar el consumo de energía sin diferenciar entre energía fija y energía movable, se considera toda la energía desplazable, lo que ocasiona que los consumos se desplacen a las horas en las que el valor de la energía horaria es menor, por lo que quedan horas sin consumo y otras horas en las que el consumo es el máximo permitido por la tarifa, es decir, horas en las que se consume el máximo de potencia contratada. Se aprecian en la imagen siguiente líneas de color azul, correspondientes al consumo y líneas blancas, correspondientes a horas en las que no se consume potencia o el consumo es muy pequeño.

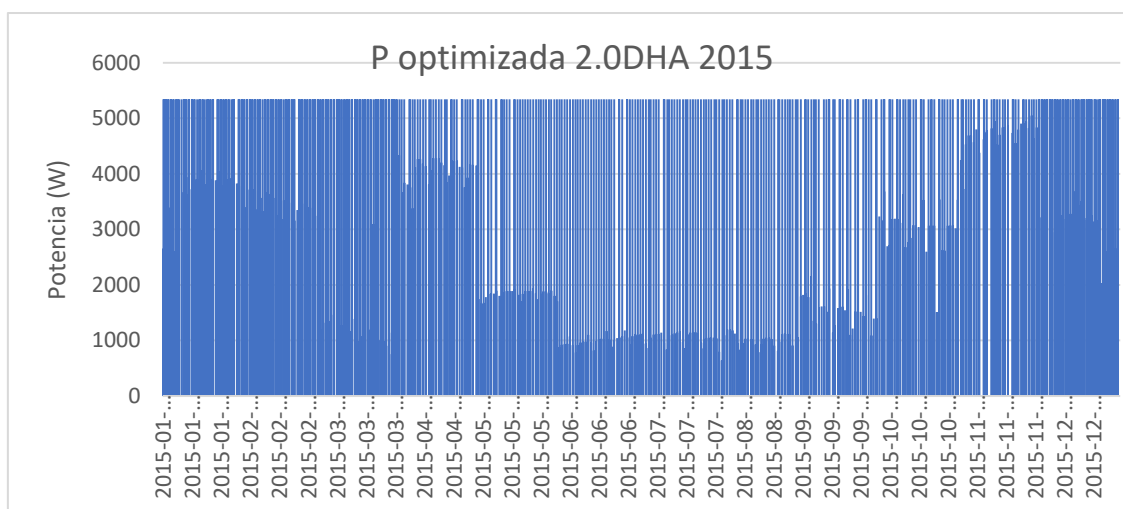


Figura 61: Potencia optimizada consumida año 2015 perfil de consumidor 2.0DHA.

El coste de la energía consumida por el perfil 2.0DHA sin optimizar es de 316.10€. Al optimizar el consumo, se consigue un ahorro de un 38.10%, 120.43€. Si se optimiza la potencia consumida con las otras tarifas, el ahorro máximo se consigue con la tarifa 2.0DHS, siendo este de un 40.74%, lo que equivale a 128.79€ sobre la tarifa correspondiente a este perfil de consumidor, la 2.0DHA. **La tarifa óptima para el perfil 2.0DHA es 2.0DHS.**

- **Perfil 2.0DHS o vehículo eléctrico:**

La siguiente imagen muestra el consumo realizado por el perfil de consumidor 2.0DHS o vehículo eléctrico.

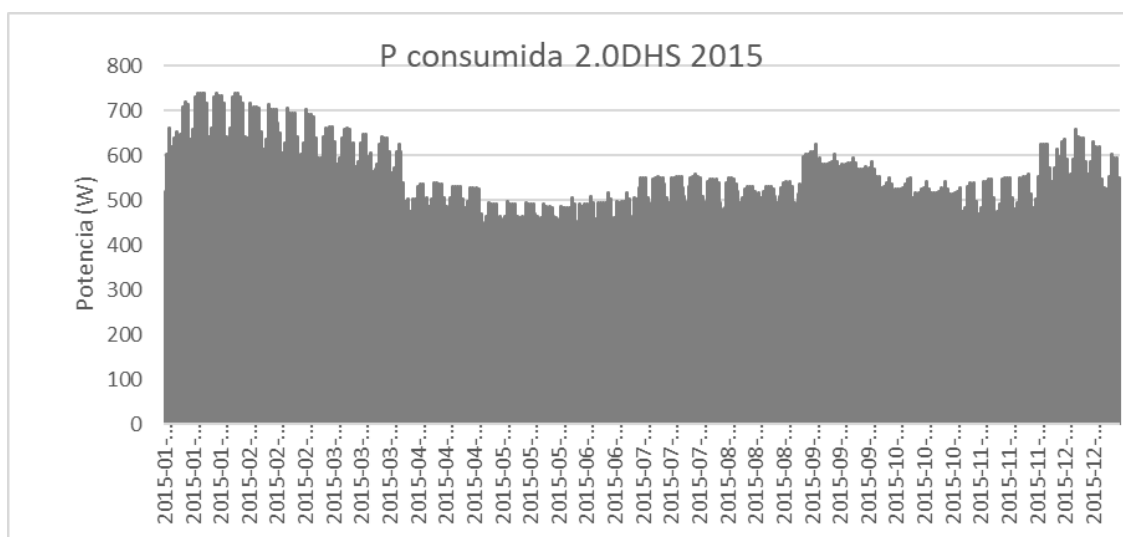


Figura 62: Potencia consumida año 2015 perfil de consumidor 2.0DHS.

Al optimizar el consumo de energía sin diferenciar entre potencia fija y potencia variable, los consumos se desplazan a las horas en las que el valor de la energía horaria es menor, por lo que quedan horas sin consumo y otras horas en las que el consumo es

el máximo permitido por la tarifa, es decir, horas en las que se consume la potencia contratada. Se aprecian en la imagen siguiente líneas de color azul, correspondientes al consumo y líneas blancas, correspondientes a horas en las que no se consume potencia o el consumo es muy pequeño.

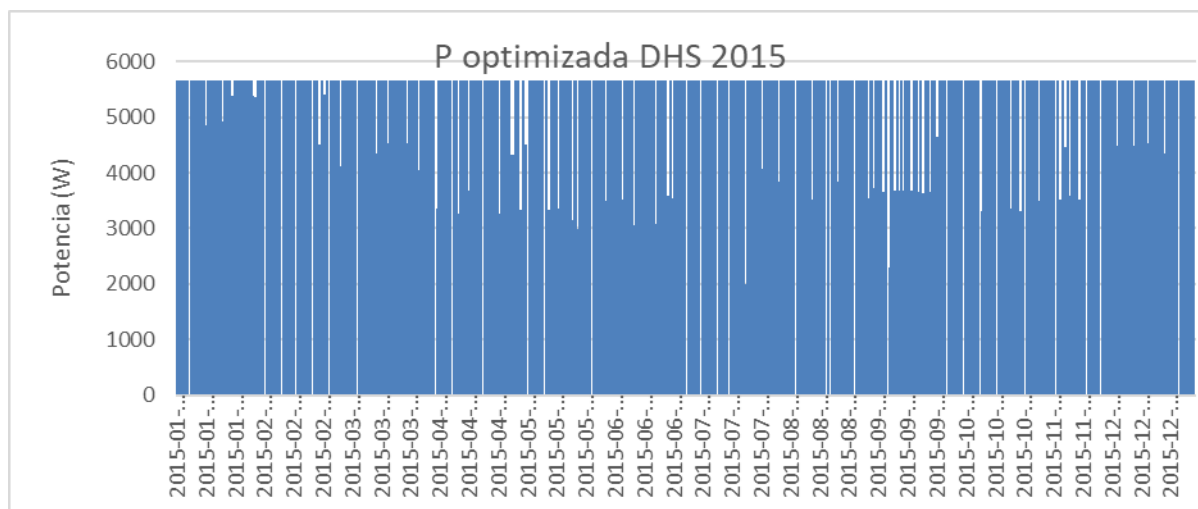


Figura 63: Potencia optimizada consumida año 2015 perfil de consumidor 2.0DHS.

El coste de la energía consumida por el perfil 2.0DHS sin optimizar es de 326.15€. Al optimizar el consumo se consigue un ahorro de un 41.53%, 135.45€. Si se aplican las otras dos tarifas y se optimiza la energía, no se consigue ningún ahorro, por lo que **la tarifa correspondiente a este perfil (2.0DHS) es la óptima.**

Optimización del consumo con diferencia:

Diferenciando entre potencia fija y potencia móvil, el ahorro es menor debido a que la potencia fija no se puede desplazar, pagándose por esta el coste que tenga la energía a esa hora. Se recuerda que la energía fija equivale al 44.46% del total del consumo producido durante un día cualquiera del año en un hogar estándar español. Se entiende como energía móvil aquella energía consumida por una tecnología en un momento del día, pero que se puede modificar el momento del consumo. La energía móvil, corresponde al restante 55.54% del consumo total de energía consumida.

Al optimizar diferenciando entre potencia fija y potencia móvil, el porcentaje de potencia que es fija se calcula con el precio horario de la tarifa que se esté empleando en cada caso. La potencia fija no se optimiza.

- **Perfil 2.0A:**

A continuación, se muestra la gráfica de la potencia consumida en el año 2015, diferenciando entre la potencia fija (color rojo) y la potencia móvil (color azul).

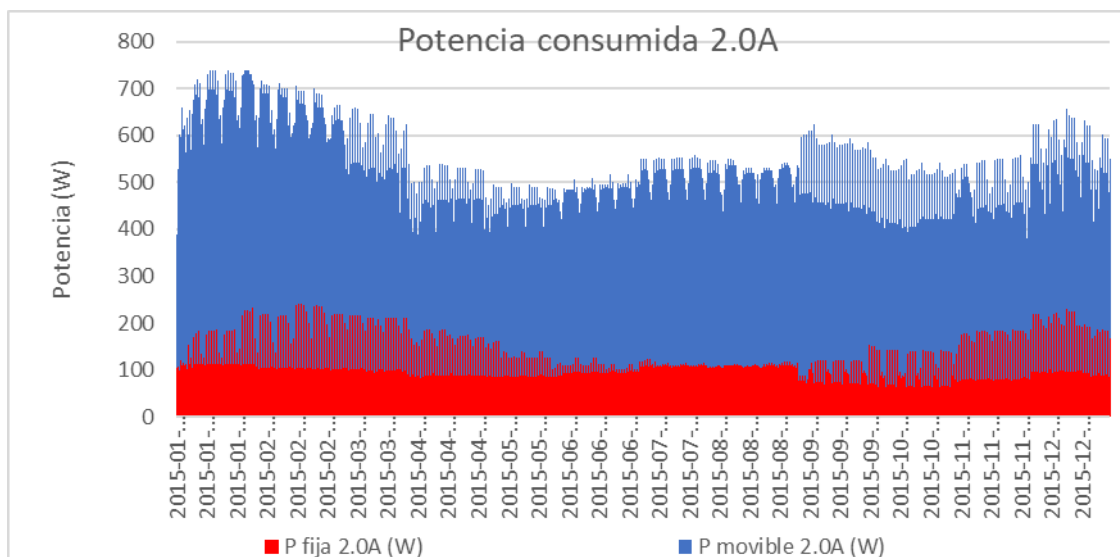


Figura 64: Potencia consumida 2015 por el consumidor 2.0A diferenciando entre potencia fija y potencia móvil. Fuente: Elaboración propia.

Al optimizar la potencia móvil, la curva de carga que dibuja el consumidor 2.0A es la siguiente:

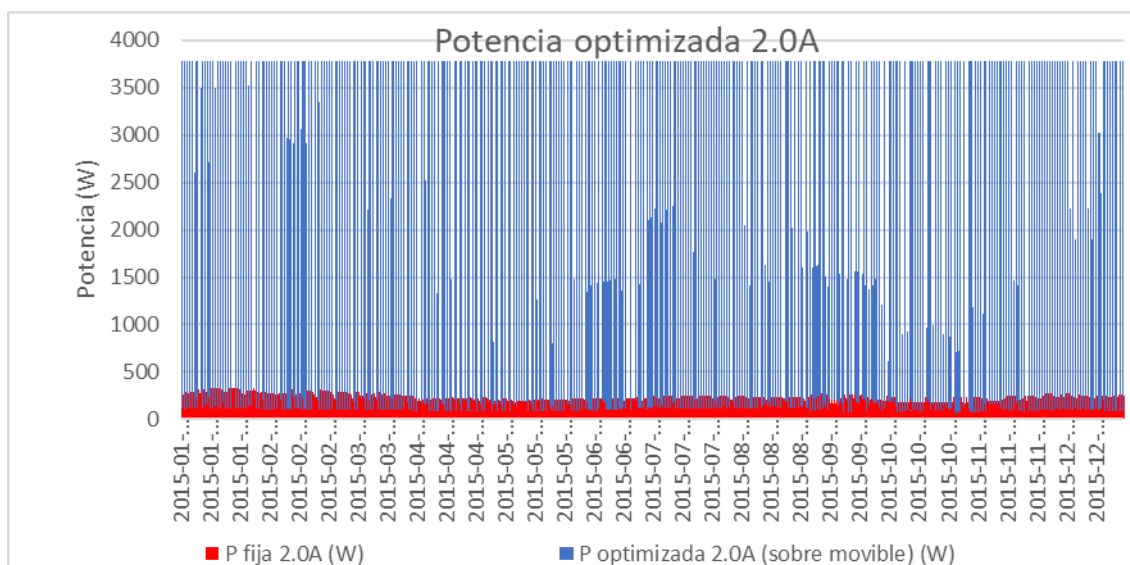


Figura 65: Potencia consumida optimizada 2015 por el consumidor 2.0A diferenciando entre potencia fija y potencia móvil. Fuente: Elaboración propia

El coste la energía consumida sin optimizar para el perfil de consumidor 2.0A es de 427.86€. Al optimizar la potencia móvil, el costo de la energía se reduce un 6.88% (29.42€ de ahorro) hasta los 398.44€ respecto al costo sin optimizar aplicando la tarifa 2.0A.

Si se aplica al consumo la tarifa 2.0DHS, el ahorro es de 154.92€, un 36.21% respecto al coste con la tarifa 2.0A. **La tarifa óptima para el perfil 2.0A es 2.0DHS.**

- **Perfil 2.0DHA:**

A continuación, se muestra la gráfica de la potencia consumida en el año 2015, diferenciando entre la potencia fija (color rojo) y la potencia móvil (color azul).

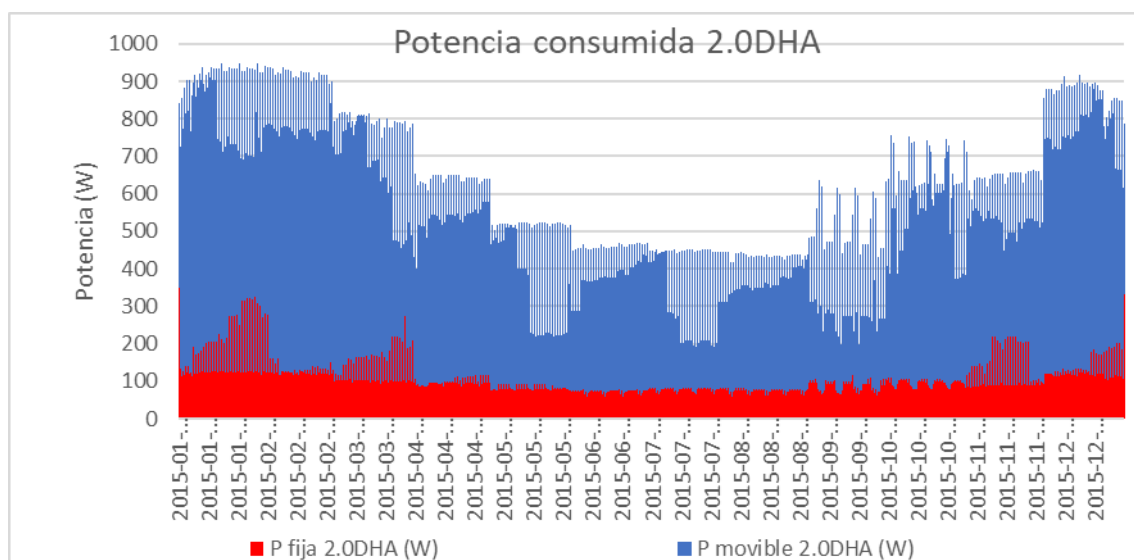


Figura 66: Potencia consumida 2015 por el consumidor 2.0DHA diferenciando entre potencia fija y potencia móvil. Fuente: Elaboración propia

Al optimizar la potencia móvil, la curva de carga que dibuja el consumidor 2.0DHA es la siguiente:

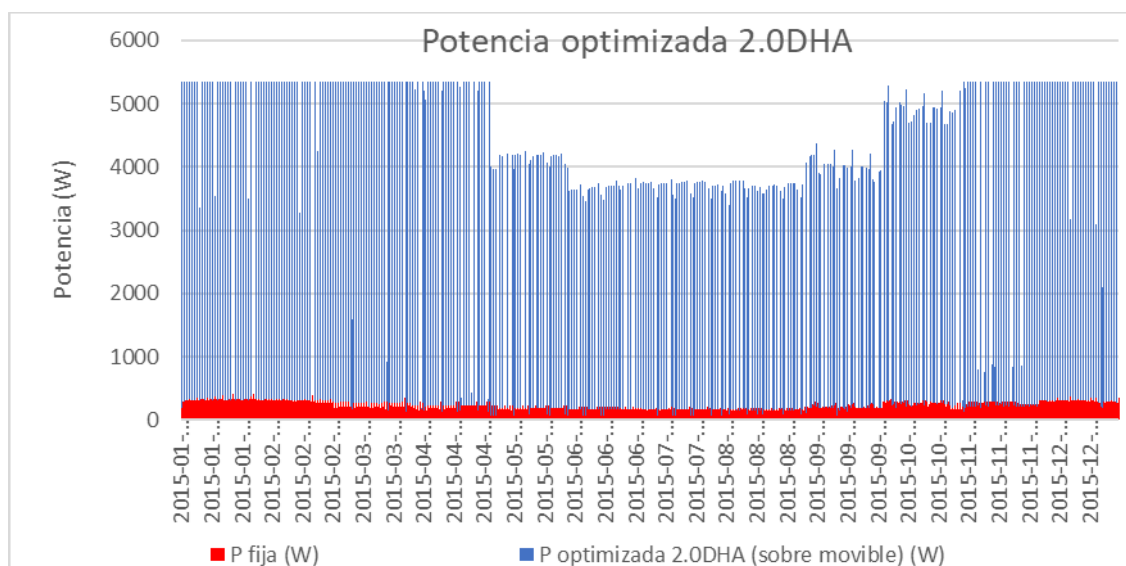


Figura 67: Potencia consumida optimizada 2015 por el consumidor 2.0DHA diferenciando entre potencia fija y potencia móvil. Fuente: Elaboración propia

Al optimizar el consumo, la potencia móvil se desplaza de las horas en las que el precio es más caro a las horas en las que el precio es más barato, es por eso que, se ven muchos consumos que llegan hasta el límite superior (potencia contratada) de consumo, el cual es, para el perfil 2.0DHA, de 5362W.

El coste de la energía consumida con la tarifa 2.0DHA es de 316.10€. Al optimizar el consumo, el ahorro máximo obtenido es un 21.45%, equivalente a 67.81€ respecto al coste sin optimizar.

Si se optimiza el consumo del perfil 2.0DHA con las otras tarifas, el ahorro conseguido con la tarifa 2.0DHS sería de 21.93%, equivalente a 69.32€ respecto al coste sin optimizar con la tarifa 2.0DHA. **La tarifa óptima para el perfil 2.0DHA es 2.0DHS.**

- **Perfil 2.0DHS:**

A continuación, se muestra la gráfica de la potencia consumida en el año 2015, diferenciando entre la potencia fija (color rojo) y la potencia móvil (color azul).

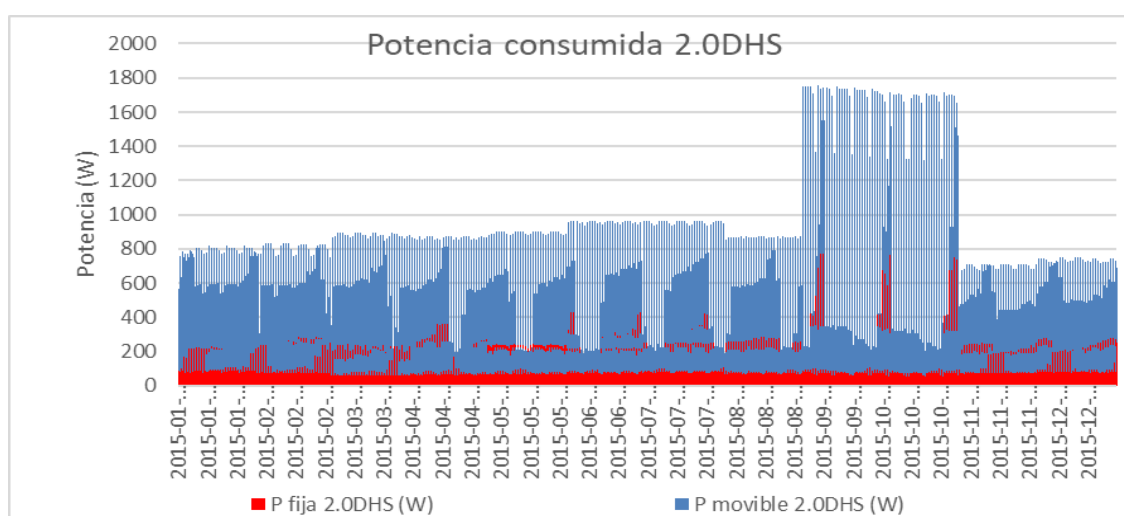


Figura 68: Potencia consumida 2015 por el consumidor 2.0DHS diferenciando entre potencia fija y potencia móvil. Fuente: Elaboración propia

Al optimizar la potencia del perfil 2.0DHS con su tarifa correspondiente, es decir, la tarifa 2.0DHS, la curva correspondiente es la siguiente:

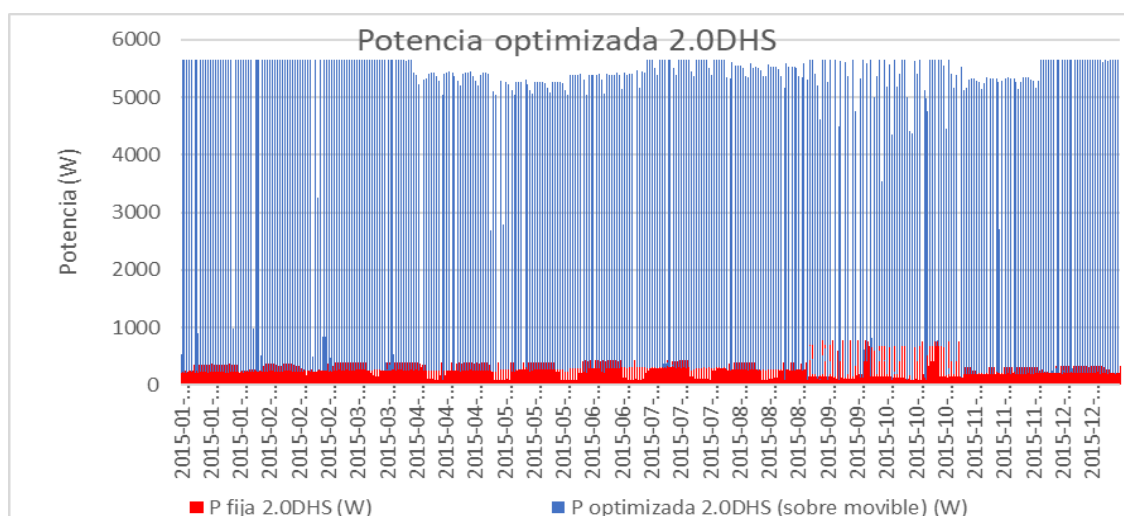


Figura 69: Potencia consumida optimizada 2015 por el consumidor 2.0DHS diferenciando entre potencia fija y potencia móvil. Fuente: Elaboración propia

El coste del consumo de potencia antes de optimizar es de 326.15€. Al optimizar el consumo con la tarifa correspondiente, el costo de la energía consumida desciende hasta 250.18€, consiguiéndose un ahorro de un 23.29%, equivalente a 75.97€.

Al optimizar con otras tarifas, no se consigue reducir el costo de la energía consumida, por lo que está empleando la tarifa óptima para el tipo de consumidor. **La tarifa óptima para el perfil 2.0DHS es 2.0DHS.**

Resumen año 2015 para perfiles de pvpc estimados por REE

1. **Antes de optimizar:** El coste de la energía consumida es menor con la tarifa 2.0DHS aplicando la tarifa 2.0DHA.
2. **Optimizando sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable:** El perfil de consumidor y la tarifa más barata sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable es con el perfil 2.0DHA aplicándole la tarifa 2.0DHS.
3. **Optimizando aplicando la diferencia entre potencia fija y potencia movable:** El perfil de consumidor y la tarifa más barata es con el perfil 2.0DHA aplicándole la tarifa 2.0DHS.

6.3 Optimización consumo real con contador inteligente

A continuación, se va a realizar la optimización del consumo real de un cliente. Este cliente dispone de contador inteligente efectivamente integrado en su vivienda, por lo que los valores que se tienen del consumo son los valores horarios en unidades de potencia (W). Debido a que se disponen de los consumos reales horarios, no es necesario aplicar los coeficientes de consumo de los perfiles de consumidor de pvpc estimados por REE.

Se han cogido los valores del consumo real del último año terminado, es decir, el año 2016. El año 2016 es un año bisiesto, hecho para tener en cuenta en el código de Matlab, teniendo que añadir un día más al bucle.

El cliente real tiene contratada una tarifa defecto o 2.0A, la potencia contratada es de 4500W, consumió una energía de 1990.427kWh en el año 2016 y dispone de contador inteligente efectivamente integrado, por lo que no es necesario aplicar la ecuación matemática formulada en el apartado 6.2.1.

Como se ha comentado anteriormente, el consumo es diferente en el período de invierno y en el período de verano, por lo que se va a representar las curvas de consumo de estos períodos, así, ver como son las curvas de consumo que dibuja este consumidor durante cada período.

Curva de consumo invierno

La curva de consumo que dibuja el cliente real durante un día de invierno es la siguiente:



Figura 70: Curva de consumo de un cliente real durante el año 2016

La curva durante una semana de invierno (18/01/2016 – 24/01/2016) es:

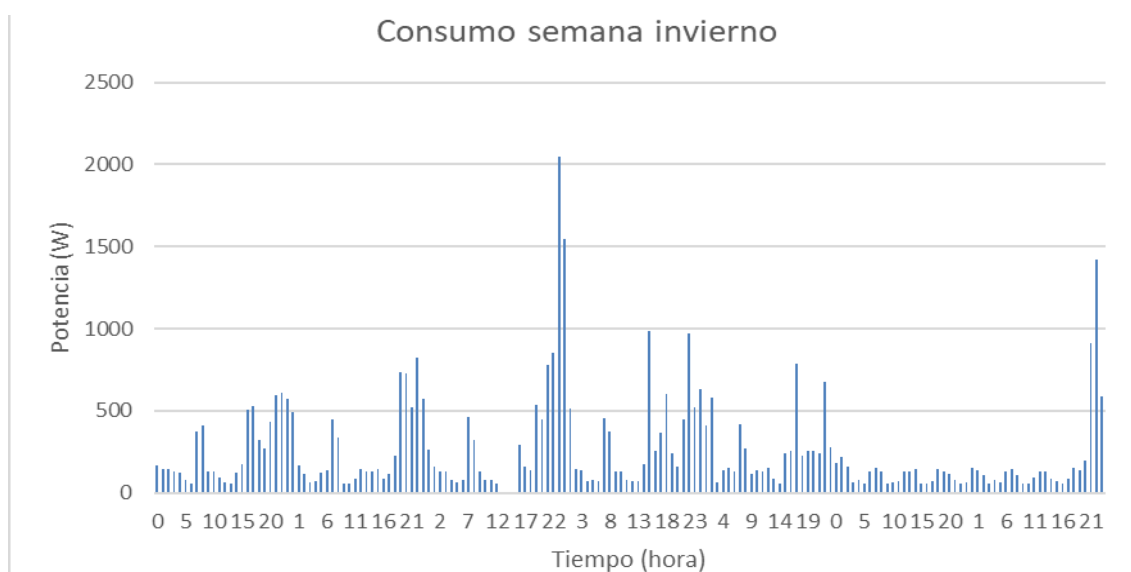


Figura 71: Curva de consumo semana invierno cliente real

Curva de consumo verano

La curva de consumo que dibuja durante un día de verano (21/07/2016) es la siguiente:



Figura 72: Curva de consumo cliente real día de verano

La curva de consumo que dibuja el cliente real durante una semana de verano (18/07/2016 – 24/07/2016) es la siguiente:

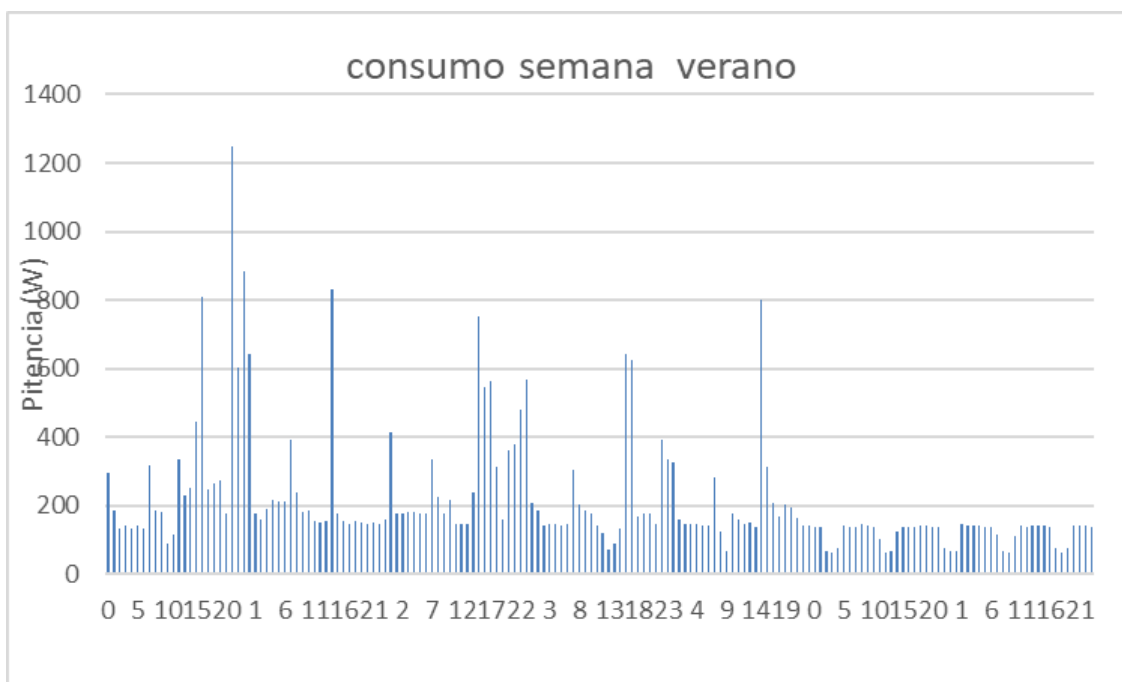


Figura 73: Curva de consumo semana verano cliente real

Curva de consumo año 2016

La curva de consumo que dibuja durante el año 2016 es la siguiente:

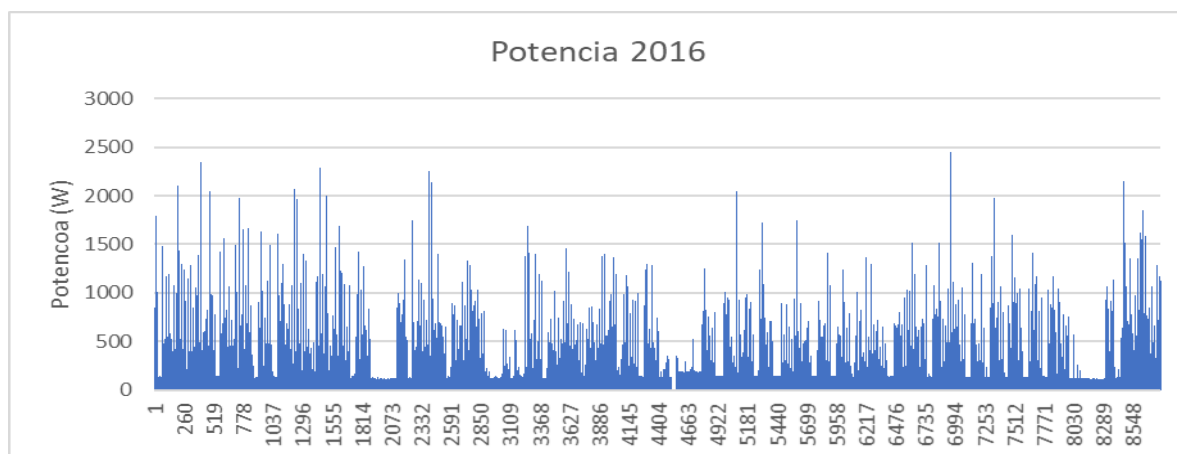


Figura 74: Curva de consumo del cliente real durante 2016

6.3.1 Optimización sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable

Se va a proceder a optimizar el consumo real del cliente, este consumidor posee todos los aparatos considerados en el caso de estudio, es decir, posee en el hogar los siguientes dispositivos eléctricos: calefacción y refrigeración, calentamiento de agua, cocina, iluminación, frigorífico, congelador, lavadora, lavavajillas, secadora, horno, TV, ordenadores.

Antes de empezar con la optimización, se va a realizar el estudio para definir cuál sería la tarifa que más se adecua a este consumidor, para obtener el ahorro máximo en la factura de la energía eléctrica. Este consumidor tiene contratada una tarifa 2.0A, por la que en el año 2016 pagó por la energía eléctrica consumida un coste de 207.537€. Si la tarifa hubiese sido la de 2.0DHA, el ahorro conseguido hubiera sido de un 14%, equivalente a 28.72€, respecto a los 207.357€ gastados con la tarifa 2.0A.

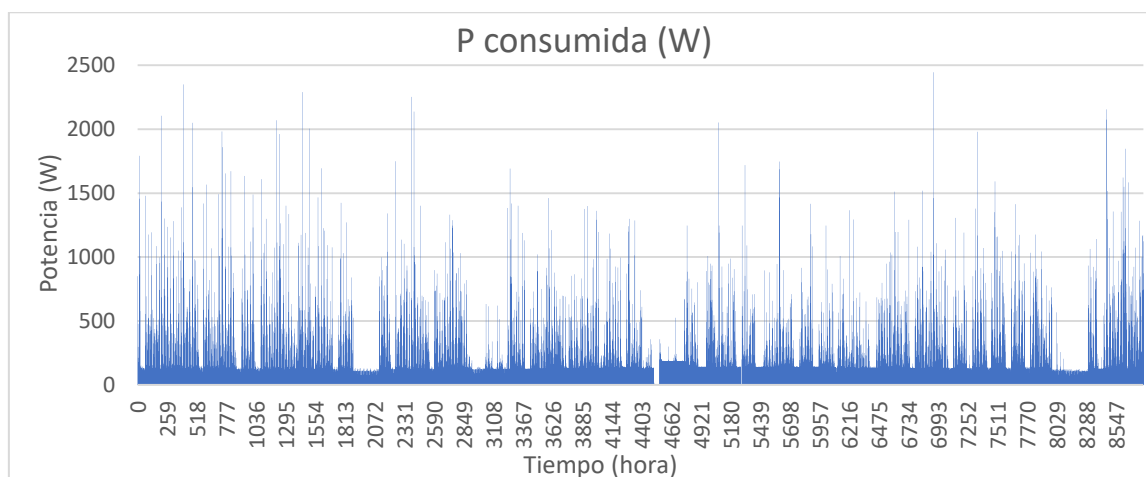


Figura 75: Curva de consumo sin optimizar del cliente real durante 2016

La gráfica anterior dibuja el consumo sin optimizar producido por el cliente real durante el año 2016. El coste de la energía consumida con la tarifa 2.0A es de 207.54€. Si se optimiza este consumo, sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable, el ahorro conseguido, aplicando la tarifa 2.0A, sería de un 20.92%, equivalente a 43.41€. Además de lo anterior, se puede ahorrar más dinero aún si se optimiza con otra tarifa, siendo el ahorro de un 58.91%, equivalente a 122.26€, si se aplica a la optimización la tarifa 2.0DHS.

La siguiente gráfica muestra el consumo optimizado aplicando la tarifa 2.0DHS.

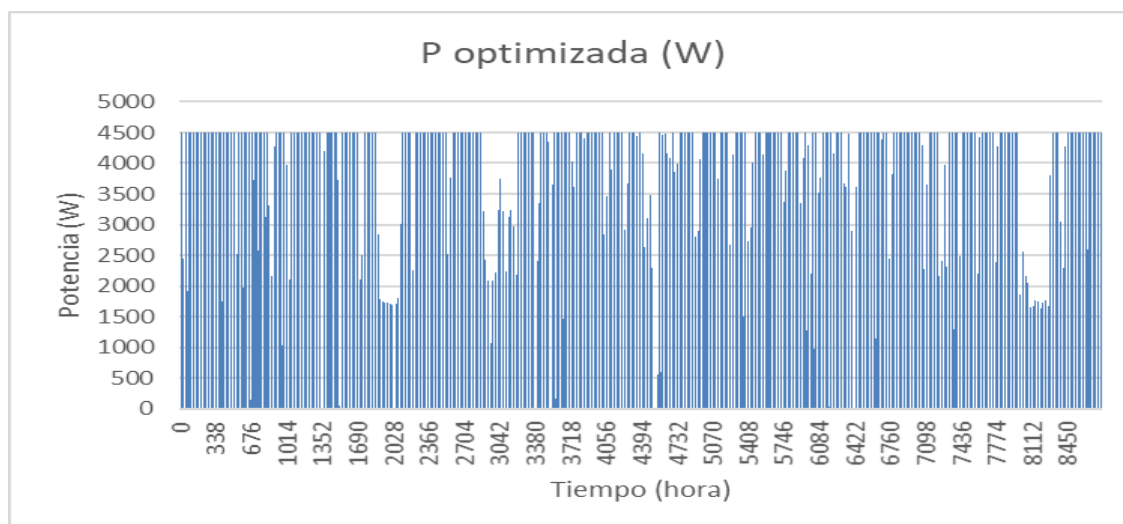


Figura 76: Curva de consumo optimizada con la tarifa 2.0DHS

6.3.2 Optimización con diferencia entre potencia fija y potencia movable

Este caso no es real, ya que el consumo de los aparatos eléctricos no es constante en el tiempo. El resultado de la optimización no es real ni viable, va a dar horas en las que no hay consumo y otras horas en las que el consumo es el máximo de la potencia contratada, pero es útil calcular la optimización para saber cuál sería el ahorro máximo que se podría conseguir gestionando los consumos.

Se recuerda que se considera como energía fija el consumo de la iluminación, del frigorífico, Standby de los aparatos eléctricos y electrodomésticos, y congeladores. En total, la energía fija equivale al 44.46% del total del consumo producido durante un día cualquiera del año en un hogar estándar español. Se entiende como energía movable aquella energía que se puede utilizar en otro momento del día sin molestar al comfort del cliente. La energía móvil corresponde al restante 55.54% del consumo total de energía consumida. Este porcentaje de consumo corresponde con los siguientes aparatos eléctricos: calefacción y refrigeración, ACS, cocina, lavadora, lavavajillas, secadora, horno, TV, PC y otros electrodomésticos.

Al optimizar diferenciando entre potencia fija y potencia movable, el porcentaje de potencia que es fija se calcula con el precio horario de la tarifa que se esté empleando en cada caso. La potencia fija no se optimiza.

La siguiente gráfica muestra el consumo de potencia consumida, antes de optimizar, diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul):

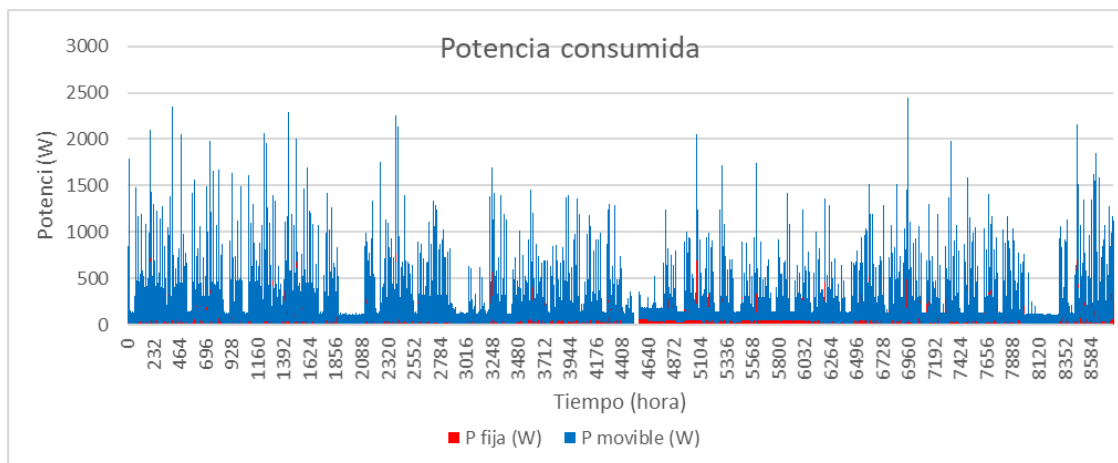


Figura 77: Curva de consumo cliente real durante 2016 diferenciando entre potencia fija y potencia movable

La siguiente gráfica muestra la curva optimizada del consumo de potencia del cliente real, aplicando la tarifa con la que se obtiene el ahorro máximo.

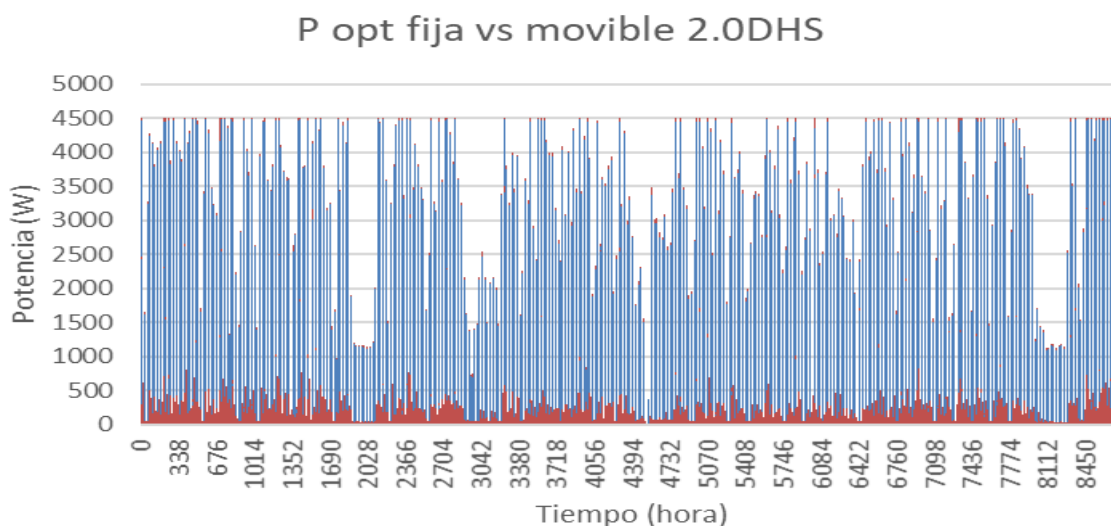


Figura 78: Curva de consumo cliente real diferenciando entre potencia fija (color rojo) y potencia movable (color azul) optimizando con la tarifa 2.0DHS

Optimizando el consumo, diferenciando entre potencia fija y potencia movable, con la tarifa 2.0DHS, el coste es de 118.94€, un ahorro de un 42% respecto al coste de la potencia consumida sin optimizar.

6.3.3 Resumen consumo real año 2016

1. **Antes de optimizar:**El coste de la energía consumida es menor con la tarifa 2.0DHA consiguiendo un ahorro de un 14%.
2. **Optimizando sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable:**La tarifa más barata es con el perfil 2.0DHS, consiguiendo un ahorro de un 58.91%.
3. **Optimizando diferenciando entre potencia fija y potencia movable:**La tarifa más barata es con el perfil 2.0DHS, consiguiendo un ahorro de un 42%.

7. Métodos de ahorro

A continuación, se van a dar métodos para ahorrar en la factura de la luz. El objetivo del TFG es la optimización del consumo de energía eléctrica consumiendo la misma cantidad de energía, es decir, sin eliminar consumos. Para ello, se van a modificar las horas de consumo de cada uno de los aparatos eléctricos cuyo consumo se puede modificar sin perturbar el comfort del consumidor. Por ejemplo, la lavadora, en vez de utilizarla durante las horas del día, programarla para que se ponga a funcionar durante las horas de la noche en las que el precio de la energía es inferior.

Los porcentajes de las gráficas representan el porcentaje consumido del 100% del total de energía consumida en dicho día de estudio. Por ejemplo, si se consume en un día 1000Wh, y a las 12:00 hay un consumo de un 50%, a las 12:00 se consume un total de 500Wh. El resto del consumo se realizará en el resto de horas del mismo día.

Las gráficas con los consumos horarios separados por aparatos eléctricos se encuentran en el anexo 4.

7.1 Consumos “reales” en los hogares españoles

En las gráficas, los porcentajes representan la suma de los porcentajes horarios de consumo de cada aparato eléctrico que hay en cualquier hogar.

7.1.1 Curva día invierno:

Las gráficas con los consumos horarios de cada aparato eléctrico, en invierno, están dibujadas y explicadas en el anexo 4.1.

La figura 79 representa de forma estimada la curva real de consumo que tiene lugar en un hogar medio español durante el invierno. De color amarillo se representa la curva de tendencia del consumo.

Si se suman todos los porcentajes horarios de cada uno de los aparatos eléctricos considerados en el informe “Consumos del sector residencial en España”, publicado por el IDAE, la curva de consumo que queda es la siguiente:

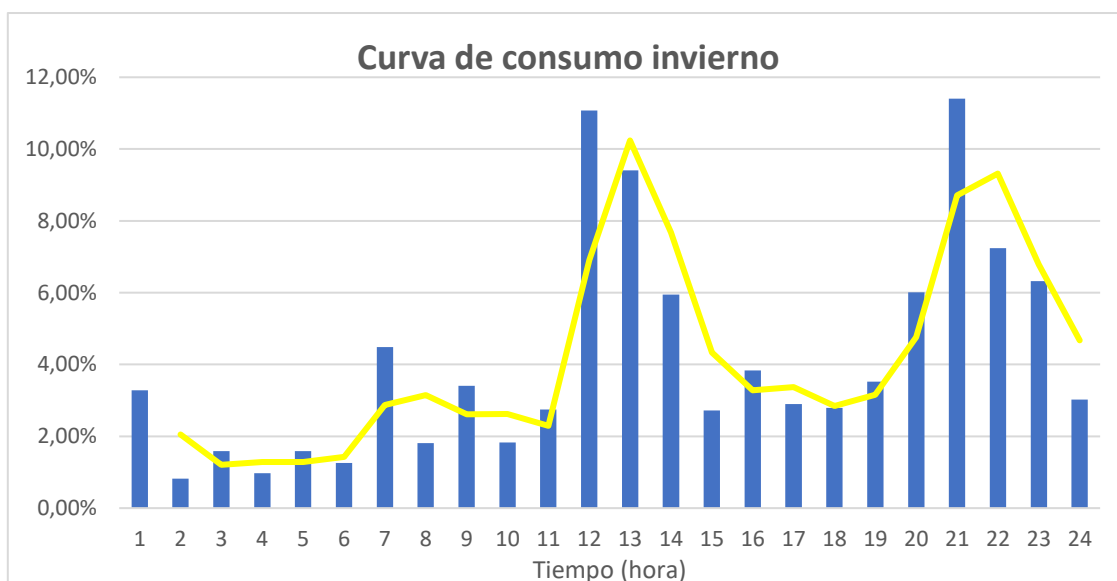


Figura 79: Curva de consumo aproximada teniendo en cuenta el momento del consumo de cada aparato eléctrico en España durante el invierno

7.1.2 Curva día verano:

Las gráficas con los consumos horarios de cada aparato eléctrico, en verano, están dibujadas y explicadas en el anexo 4.2.

La siguiente curva representa de forma estimada la curva real de consumo que tiene lugar en un hogar medio español durante el verano. De color amarillo se representa la curva de tendencia del consumo.

Si se suman todos los porcentajes horarios, la curva de consumo que queda es la siguiente:

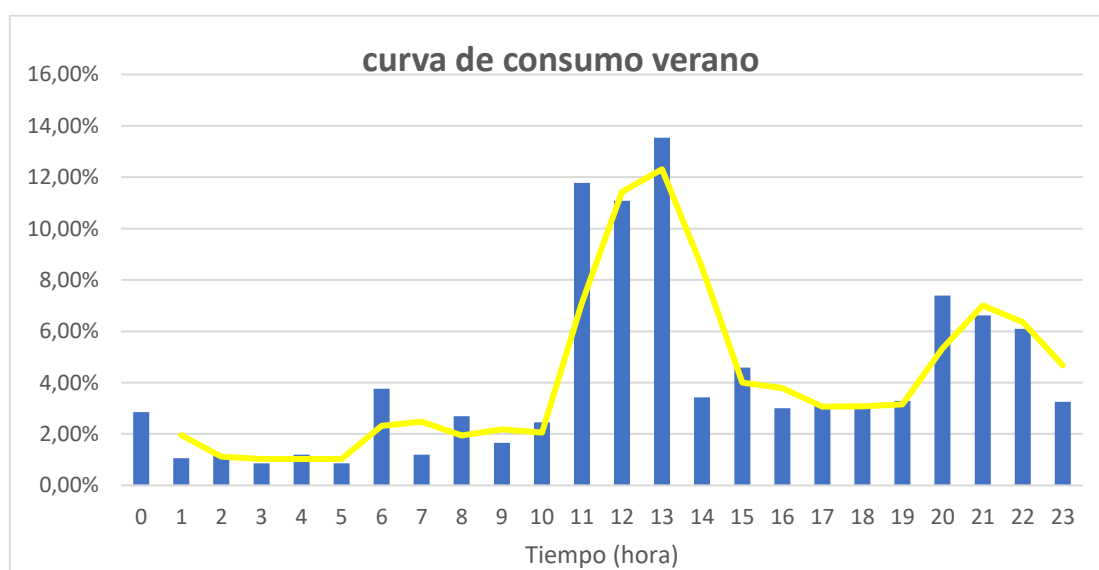


Figura 80: Curva de consumo aproximada teniendo en cuenta el momento del consumo de cada aparato eléctrico en España durante el verano

7.2 Consumos horarios optimizados

Las siguientes curvas del consumo horario optimizado de los diferentes aparatos eléctricos son estimadas, podrían ser de diferentes maneras.

7.2.1 Curva optimizada día invierno:

Las gráficas con los consumos horarios de cada aparato eléctrico están dibujadas y explicadas en el anexo 4.1.

A continuación, se representa la curva de consumo óptima moviendo los consumos para un día de invierno. En cada hora, el porcentaje representado es el resultado de la suma del porcentaje de consumo de cada aparato eléctrico.

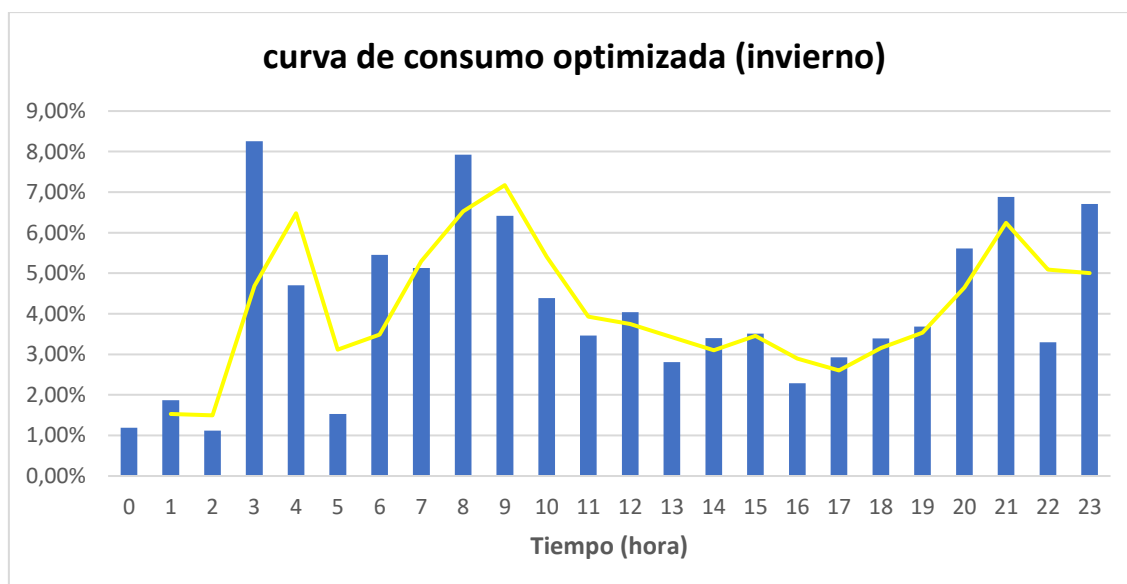


Figura 81: Curva de consumo aproximada optimizada de invierno teniendo en cuenta el momento del consumo de cada aparato eléctrico en España

7.2.2 Curva optimizado día verano:

Las gráficas con los consumos horarios de cada aparato eléctrico están dibujadas y explicadas en el anexo 4.2.

A continuación, se representa la curva total de consumo óptima moviendo los consumos para un día de verano. En cada hora, el porcentaje representado es el resultado de la suma de todos los consumos horarios de cada aparato eléctrico.

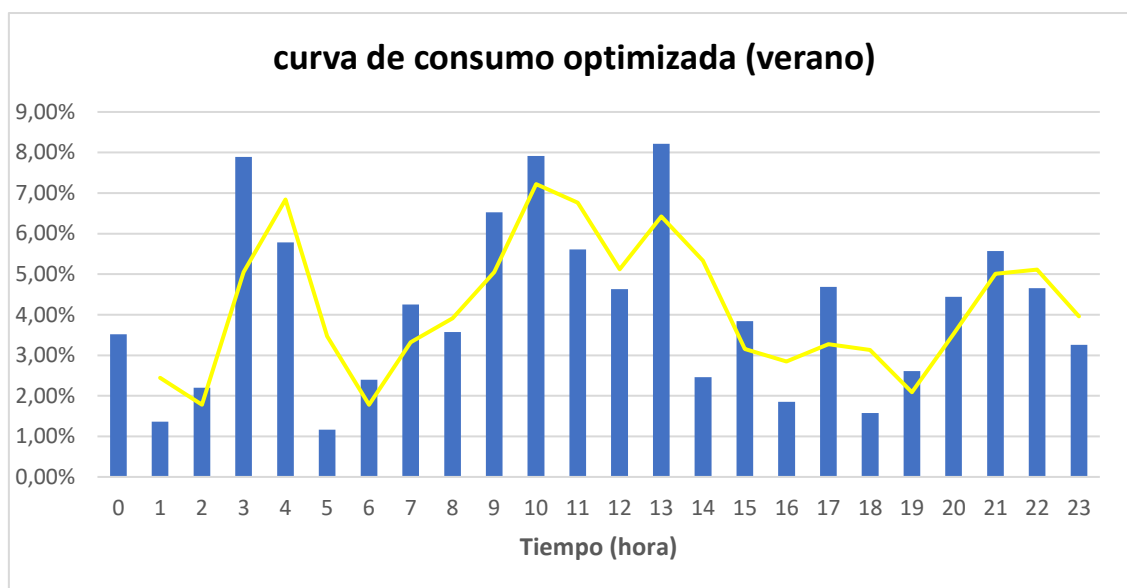


Figura 82: Curva de consumo aproximada optimizada de invierno teniendo en cuenta el momento del consumo de cada aparato eléctrico en España

7.3 Resultados de la optimización

Para calcular la repartición del consumo horario durante todo un año utilizando los porcentajes, se utiliza Matlab. Lo que realiza el código en Matlab es el cálculo de la potencia horaria consumida cada día del año, sin y con la optimización del consumo, aplicando la suma de los porcentajes de cada aparato eléctrico.

Para el cálculo de la potencia horaria consumida, se utilizan los datos del consumo horario del año 2015, utilizados en el apartado 6.2, para los tres perfiles de consumidor de pvpc.

Para calcular el consumo horario, Matlab suma el consumo de energía de las 24 horas de cada día y lo multiplica por los porcentajes horarios. Así, se genera un vector de 8760 valores, correspondientes a las horas que tiene un año, con los consumos horarios de cada día del año 2015.

Para el cálculo del consumo optimizado se realiza el mismo cálculo anterior, pero, en esta ocasión, se multiplica el total de energía diaria consumida por los porcentajes optimizados.

El código de Matlab se encuentra en el Anexo 3.

Para el cálculo del ahorro máximo que se puede obtener moviendo los consumos, se va a proceder a calcular el coste de la energía, aplicando las tres tarifas de pvpc para cada perfil de consumidor. El ahorro se calcula de la diferencia entre el coste de la energía consumida sin optimizar y el coste de la energía optimizada.

El ahorro conseguido para cada tipo de consumidor aplicando los porcentajes de consumo horario son los siguientes:

- **Perfil 2.0A:** El ahorro máximo que se puede obtener moviendo los consumos, para el perfil de consumidor 2.0A, es de 46.55€ aplicando la tarifa 2.0DHA.

coste energía aplicando las tarifas siguientes	2,0A	coste sin opt	coste optimizado	ahorro
		433,54 €	426,08 €	7,46 €
	2,0DHA	coste sin opt	coste optimizado	ahorro
		387,23 €	340,68 €	46,55 €
	2,0DHS	coste sin opt	coste optimizado	ahorro
		387,80 €	343,11 €	44,69 €

Tabla 2: Datos optimización del perfil 2.0A aplicando método de los porcentajes

- **Perfil 2.0DHA:** El ahorro máximo que se puede obtener para el consumidor 2.0DHA, durante el año 2015, aplicándole el método de los porcentajes, es de 47.52€. Este ahorro se consigue aplicando la tarifa correspondiente a este perfil de consumidor, es decir, la tarifa 2.0DHA.

coste energía aplicando las tarifas siguientes	2,0A	coste sin opt	coste optimizado	ahorro
		431,53 €	423,94 €	7,59 €
	2,0DHA	coste sin opt	coste optimizado	ahorro
		385,64 €	338,12 €	47,52 €
	2,0DHS	coste sin opt	coste optimizado	ahorro
		385,41 €	340,43 €	44,98 €

Tabla 3: Datos optimización del perfil 2.0DHA aplicando método de los porcentajes

- **Perfil 2.0DHS:** El ahorro máximo conseguido aplicándole el método de los porcentajes, al perfil de consumidor 2.0DHS, es de 46.32€, aplicándole la tarifa 2.0DHA.

coste energía aplicando las tarifas siguientes	2,0A	coste sin opt	coste optimizado	ahorro
		432,73 €	425,38 €	7,35 €
	2,0DHA	coste sin opt	coste optimizado	ahorro
		386,43 €	340,11 €	46,32 €
	2,0DHS	coste sin opt	coste optimizado	ahorro
		387,08 €	342,53 €	44,55 €

Tabla 4: Datos optimización del perfil 2.0DHS aplicando método de los porcentajes

8. Conclusiones

8.1 Conclusiones

El objetivo principal del presente TFG es la optimización del consumo de los consumidores de pvpc²², para obtener el máximo ahorro posible en la factura de la electricidad, sin variar la cantidad total de energía eléctrica consumida.

El pvpc es la tarifa regulada por el gobierno. Consta de tres tarifas con sus respectivos perfiles de consumo²³. En los hogares, con el objeto de medir el consumo de potencia, hay instalado un contador, este puede ser contador analógico o inteligente. En el caso de que el contador instalado sea inteligente, se le aplica al consumo horario real el precio horario de la energía. En el caso de que el contador no sea inteligente, no se le puede aplicar el precio de la energía sobre el consumo horario real, teniendo que hacerse unos cálculos para determinar el consumo horario. En estos casos, REE publica en la página web ESIOS una gráfica con los coeficientes de consumo que estima realizan los pequeños consumidores que tienen contratada la tarifa pvpc. Estos perfiles de consumo estimados se multiplican por el monto total de energía consumida y se determina así el precio de la tarifa eléctrica.

En el presente TFG, se ha calculado la optimización del consumo de 2015 para los tres perfiles de consumidores de pvpc publicados por REE, diferenciando y sin diferenciar entre energía fija y movable. Después se calcula la optimización del consumo real de un cliente durante el año 2016. Este consumidor tiene instalado un contador inteligente en su vivienda, por lo que se aplica el precio horario sobre el consumo real.

El resultado que se va a obtener de la optimización de los perfiles de consumidor de pvpc estimados por REE, considerando que cada uno de ellos consume 3487kWh/año de energía, y del consumo real del cliente, va a resultar imposible de llevar a cabo por un consumidor real, pues desplaza la mayoría del consumo a las horas de la madrugada, horas en las que el precio de la energía eléctrica es la más barata del día. Aunque estos resultados no son aceptables por un consumidor real por ser inviable de forma práctica, los resultados obtenidos de estos cálculos representan el ahorro máximo que se puede conseguir gestionando el consumo eléctrico.

Conseguir el perfil real de un consumidor, conociendo el consumo horario, el momento exacto en que cada aparato eléctrico está en funcionamiento, es muy difícil de conseguir. Con el objeto de conseguir resultados de la optimización lo más próximo a lo real, se crea una curva de carga estimada. Esta curva estimada es el resultado de sumar el porcentaje de consumo horario de cada uno de los aparatos eléctricos que hay en todos los hogares españoles. Después, se calcula una curva de consumo optimizada tanto para verano como para invierno, para la cual se desplaza el consumo de los aparatos eléctricos que pueden mover su período de utilización a horas en las que el

²² Precio voluntario para el pequeño consumidor.

²³ Tarifa 2.0, tarifa 2.0DHA, tarifa 2.0DHS.

precio de la energía es más barato. Estas curvas optimizadas se calculan con la intención de no modificar los hábitos de vida del consumidor.

El resultado de la optimización de la curva estimada de carga da como solución, en el mejor de los casos, un ahorro de 47.52€/año. Este ahorro anual que se consigue supone reducir mensualmente 3.96€ la factura. El ahorro conseguido no es significativo económicamente hablando, siendo insuficiente como para efectuar un cambio de hábitos en el consumo doméstico.

Se puede ahorrar más dinero en la factura de la luz si se toman diferentes medidas de ahorro, lo que puede llevar a consumir menos energía de la que se consumiría sin estas medidas.

Una forma de consumir menos energía es comprando electrodomésticos con etiquetado energético A y que se adecúen en tamaño y prestaciones a las necesidades reales.

En el anexo 5 se exponen unos consejos que cualquier ciudadano puede adoptar en el hogar con el objetivo de consumir menos energía eléctrica y así ahorrar dinero en la factura de la luz.

8.2 Futuras líneas de trabajo

El tema de este TFG afecta a todo individuo que tenga en propiedad una vivienda, ya tenga o no tenga autoconsumo. Como aportación en un futuro, se podría estudiar la incorporación de energías renovables y baterías para autoabastecerse, o, al menos, auto producir un porcentaje del total de la energía consumida.

Se podría estudiar incorporar el vehículo eléctrico a la red, es decir, el vehículo eléctrico se carga, se utiliza, al regreso al hogar se conecta a la red y se utiliza la energía de la batería del coche como sistema de almacenamiento de energía eléctrica. En el momento en que el conductor sepa que va a tener que utilizar el coche, selecciona el modo cargar batería para así tener la batería del coche con carga para la utilización del vehículo.

Se podría realizar los cálculos hechos en este TFG para un consumidor real, sabiendo sus hábitos de consumo, su curva de consumo, teniendo el perfil real del consumidor.

Si se llegara a modificar el consumo de los hogares españoles hasta el punto de modificar la curva de consumo y el precio de la energía, se podría llegar a aplanar la curva de carga y la curva de precios, lo que supondría unos precios de la energía eléctrica sin apenas variación de unas horas a otras. Esto provocaría que no importara el momento del consumo de los aparatos eléctricos, debido a la poca diferencia entre los precios horarios de la energía.

Anexos

Anexo 1: Factura de energía eléctrica.

Inscripción en el Registro Mercantil de (ciudad), Lomo XXXX Folio XX Hoja BXX-XXXX

LOGOTIPO
COMERCIALIZADORA

Denominación empresa comercializadora de referencia
CIF:
Domicilio social:

DATOS DE LA FACTURA DE ELECTRICIDAD

IMPORTE FACTURA: XX,XX €
Nº factura: XXXXXXXX
Periodo de consumo: xx de (mes) de xxxx a xx de (mes) de xxxx
Fecha de cargo/fecha límite de pago: xx de (mes) de XXXX

FACTURA RESUMEN

Por potencia contratada	xx,xx €
Por energía consumida	xx,xx €
 Impuesto electricidad	xx,xx €
Alquiler equipos de medida y control	xx,xx €
Impuesto aplicado (XX %)	xx,xx €
TOTAL IMPORTE FACTURA	XX,XX €

Dña./D.
Calle nº
XXXXX (.....)

INFORMACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO

	Consumo en el periodo xxx	Consumo en el periodo xxx	Consumo en el periodo xxx
	XXth - XXth	XXth - XXth	XXth - XXth
Lectura anterior (real/estimada) (xx-mes-xxxx)	xxx kWh	xxx kWh	xxx kWh
Lectura actual (real/estimada) (xx-mes-xxxx)	xxx kWh	xxx kWh	xxx kWh
Consumo en el periodo (*)	xxx kWh	xxx kWh	xxx kWh

(*) Para confirmar que su consumo está bien facturado, introduzca los datos de consumo en el periodo, fechas de lectura y potencia contratada (marcados en color) en la herramienta publicada en la página web de la Comisión Nacional de Competencia y los Mercados www.cncm.es

ESPACIO RESERVADO PARA EL GRÁFICO REPRESENTATIVO DE LA EVOLUCIÓN DE CONSUMO

Su consumo medio diario en el periodo facturado ha sido de xx,xx €. Su consumo medio diario en los últimos 14 meses ha sido de xx,xx €. Su consumo acumulado del último año ha sido de xx,xx kWh.

DATOS DEL CONTRATO

Titular: Dña. NIF: XXXXXXXX
Dirección de suministro: C/....., XXXX
TIPO DE CONTRATO: PVPC con discriminación horaria de xxx periodos.
TIPO DE CONTADOR: Con/sin contador inteligente efectivamente integrado en el sistema de telegestión.
Facturación con perfil promedio del periodo de facturación /Facturación por consumo real horario.
Peaje de acceso: XXXX Potencia contratada: XXX kW
Referencia del contrato de suministro (nombre empresa COR): xxxxx
Referencia del contrato de acceso (nombre empresa distribuidora): xxxxxx
Fecha final contrato: xx de (mes) de xxxx (renovación anual automática)
Fecha emisión factura: xx de (mes) de xxxx

Código unificado de punto de suministro CUPS: XXXXXXXX
Atención al cliente (nombre empresa COR): 900.xxxx.xxx (gratuito) Redacciones (nombre COR): 900.xxxx.xxx clientes@xxxxxxxx.es
Averías y Urgencias (nombre empresa distribuidora): 900.xxxx.xxx (gratuito) Dirección postal reclamaciones (nombre COR): xxxxxx
Para reclamaciones sobre el contrato de suministro o facturaciones podrá dirigirse a la Consejería xx (órgano competente en materia de energía) de la Comunidad Autónoma de XXX en el teléfono 9x.xxx.xxx o a través de su página web www.xx.es.
Adicionalmente, en el caso de tratarse de una persona física, podrá dirigirse a la Consejería de xx (órgano competente en materia de consumo) de la Comunidad Autónoma de xxx en el teléfono 9x.xxx.xxx o a través de su página web www.xx.es.
Asimismo, podrá acudir a la entidad de resolución alternativa de litigios xxxxxx en el teléfono 9x.xxx.xxx.

f)

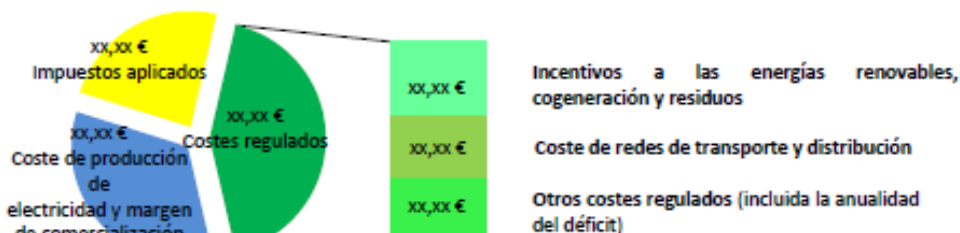
Espacio reservado para datos de cuenta bancaria u otras formas de pago

Figura 83: Factura eléctrica. Fuente: BOE-A-2014-5655

DESTINO DEL IMPORTE DE LA FACTURA

g)

El destino del importe de su factura, XX,XX euros, es el siguiente:



A los importes indicados en el diagrama debe añadirse, en su caso, el importe del alquiler de los equipos de medida y control

DETALLE DE LA FACTURA

h)

Facturación por potencia contratada: Comprende dos conceptos: la facturación por peaje de acceso (resultado de multiplicar los kW contratados por el precio del término de potencia del peaje de acceso y el número de días del periodo de facturación) y la facturación por margen de comercialización fijo.

Importe por peaje de acceso:

xx kW * xxxx €/kW y año * (xx/365) días XX,XX €

Importe por margen de comercialización fijo:

xx kW * xx €/kW y año * (xx/365) días XX,XX €

Facturación por energía consumida: Comprende dos conceptos: la facturación por peaje de acceso (resultado de multiplicar los kWh consumidos en el periodo de facturación por el precio del término de energía del peaje de acceso) y la facturación por coste de la energía (resultado de multiplicar los kWh consumidos por el precio del término del coste horario de energía del PVPC).

Importe por peaje de acceso:

xx kWh * xxxx €/kWh XX,XX €

Importe por coste de la energía:

xx kWh * xxxx €/kWh XX,XX €

Subtotal XX,XX €

Impuesto de electricidad: Impuesto especial al tipo del x,xxx % sobre el producto de la facturación de la electricidad suministrada multiplicada por el coeficiente xxx.

Impuesto electricidad (xx,xx * xx,xx * x,xxx %) XX,XX €

Alquiler de equipos de medida y control. Precio establecido que se paga por el alquiler de equipos de medida y control.

Alquiler de equipos de medida y control (xx días * xx,x €/día) XX,XX €

Subtotal otros conceptos XX,XX €

Importe total XX,XX €

Impuesto de aplicación: Impuesto xxx al tipo del xx%.

Impuesto (xx%) xx% s/ xx,xx XX,XX €

TOTAL IMPORTE FACTURA XX,XX €

Precios de los términos del peaje de acceso publicados en (disposición normativa).

PVPC calculado según Real Decreto xxxx (disposición normativa).

Margen de comercialización fijo publicado en (disposición normativa).

Precio de los equipos de medida y control establecido en (disposición normativa).

Figura 84: Factura eléctrica (reverso). Fuente: BOE-A-2014-5655

Anexo 2: Código de Matlab empleado en el apartado 5.2.

En este anexo se muestra el código de Matlab empleado para el cálculo de los consumos horarios de energía para un cliente que no dispone de contador inteligente.

El programa en Matlab es el siguiente:

```
clear all;

clc;

tarifa;

tarifa_2;

energia_consumida;

energia_2;

pot_contratada;

suma=0;

B= [];

for i=1:365

    hora_inicio=(i-1)*24+1;

    hora_fin=24*i;

    tarifa_dia=tarifa_2(hora_inicio: hora_fin);

    energia_consumida_dia=sum (energia_2(hora_inicio:hora_fin));

    energia_fija_dia= (0.4446)*energia_consumida_dia;

    energia_movible_dia=energia_consumida_dia-energia_fija_dia;

    A=[];

    b=[];

    Aeq= [1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1];

    beq=energia_movible_dia;

    energia_fija_hora= (0.4446) *energia_2;

    lb=zeros(1,24);

    ub=linspace (pot_contratada, pot_contratada,24)-energia_fija_hora

    (hora_inicio: hora_fin);

    [x, coste]=linprog (tarifa_dia, A, b, Aeq, beq, lb, ub);

    suma=suma+coste;

    B=cat (1, B, x);
```

```
end  
  
disp ('potencia optimizada=')  
  
disp(B)  
  
disp ('coste optimizado=')  
  
disp(suma)  
  
coste_sin_ahorro=sum(energia_2.*tarifa_2)  
  
ahorro=coste_sin_ahorro-suma
```

Anexo 3: Código de Matlab empleado en el apartado 7.3.

En este anexo se muestra el código de Matlab empleado para calcular los consumos horarios por el método de la suma de los porcentajes de consumo de los aparatos eléctricos.

```
clear all;
clc;
tarifa;
tarifa_2;
energia_consumida;
energia_2;

porcentajes_invierno=[0.0328543100000000 0.00821044000000000
0.0159167600000000 0.00971044000000000 0.0159167600000000
0.0126204400000000 0.0448955400000000 0.0181049800000000
0.0340743100000000 0.0182899100000000 0.0274983100000000
0.1107609800000000 0.0940499100000000 0.0594767100000000
0.0272033800000000 0.0383507100000000 0.0289983100000000
0.0278835900000000 0.0351985000000000 0.0601071100000000
0.1140455100000000 0.0723972400000000 0.0632308400000000
0.0302049800000000];

porcentajes_verano=[0.0285533800000000 0.01060138000000000
0.0119322000000000 0.00859138000000000 0.0119322000000000
0.00859138000000000 0.03764279000000000 0.01199119000000000
0.0268831900000000 0.0166206600000000 0.0245883100000000
0.1178217200000000 0.1108106600000000 0.1354069000000000
0.0342684700000000 0.0458098000000000 0.0299870000000000
0.0313581200000000 0.0301173800000000 0.0328783100000000
0.0739403100000000 0.0661917800000000 0.0609053800000000
0.0325761000000000];

porcentajes_opt_invierno=[0.0119413780000000 0.01870337800000000
0.0112250040000000 0.0825648710000000 0.0470436710000000
0.0152822040000000 0.0545331910000000 0.0513304440000000
0.0792708180000000 0.0641883110000000 0.0438994840000000
0.0346353780000000 0.0403743380000000 0.0280628440000000
0.0339745510000000 0.0350936180000000 0.0228777240000000
0.0292683110000000 0.0339253780000000 0.0368373780000000
0.0560821510000000 0.0688217510000000 0.0329659110000000
0.0670979110000000];

porcentajes_opt_verano=[0.0351943100000000 0.01366044000000000
0.0219943100000000 0.0789331100000000 0.0578129800000000
0.0116504400000000 0.0239343100000000 0.0424902600000000
0.0357566600000000 0.0652433200000000 0.0791609800000000
0.0561310600000000 0.0463407900000000 0.0821554600000000
0.0245684700000000 0.0384379100000000 0.0185240700000000
0.0468781200000000 0.0157444400000000 0.0260883100000000
0.0444244400000000 0.0557217800000000 0.0465779100000000
0.0325761000000000];

costes_porcentajes=0;
```

```

costes_porcentajes_opt=0;
A=[];
B=[];
for i=1:79
    hora_inicio=(i-1)*24+1;
    hora_fin=24*i;

    energia_consumida_dia=sum(energia_2(hora_inicio:hora_fin));
    consumos_porcentuales=porcentajes_invierno*energia_consumida_dia;

    consumos_porcentuales_opt=porcentajes_opt_invierno*energia_consumida_dia;

    A=cat(2,A,consumos_porcentuales);
    B=cat(2,B,consumos_porcentuales_opt);
end

for j=80:263
    hora_inicio=(j-1)*24+1;
    hora_fin=24*j;

    energia_consumida_dia=sum(energia_2(hora_inicio:hora_fin));
    consumos_porcentuales=porcentajes_verano*energia_consumida_dia;

    consumos_porcentuales_opt=porcentajes_opt_verano*energia_consumida_dia;

    A=cat(2,A,consumos_porcentuales);
    B=cat(2,B,consumos_porcentuales_opt);
end

for k=264:365
    hora_inicio=(k-1)*24+1;
    hora_fin=24*k;

    energia_consumida_dia=sum(energia_2(hora_inicio:hora_fin));
    consumos_porcentuales=porcentajes_invierno*energia_consumida_dia;

    consumos_porcentuales_opt=porcentajes_opt_invierno*energia_consumida_dia;

    A=cat(2,A,consumos_porcentuales);
    B=cat(2,B,consumos_porcentuales_opt);
end

coste_A=sum(A*tarifa_2')
coste_B=sum(B*tarifa_2')
ahorro_opt=coste_A-coste_B

```


Anexo 4: Consumo horario de cada aparato eléctrico en invierno y en verano.

Anexo 4.1: Consumo en un día de invierno y consumo optimizado en un día de invierno.

Los coeficientes de las gráficas representan el porcentaje consumido horario del total del consumo realizado por cada uno de los aparatos eléctricos.

Hábitos de consumo en invierno de los aparatos eléctricos, de media, en España:

- **Calefacción:**

Antes de optimizar: La calefacción suele estar conectada al termostato²⁴. El termostato detecta el momento exacto en el que tiene que ponerse a calentar la vivienda. Para ello, calcula la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura a la que está programado el termostato. Cuando la temperatura es inferior a la programada, el termostato ordena el funcionamiento de la calefacción. Las horas en las que está en uso la calefacción son las representadas en la gráfica, los picos de consumos se producen en las horas del día en las que la temperatura es inferior, coincidiendo con la noche y la tarde.

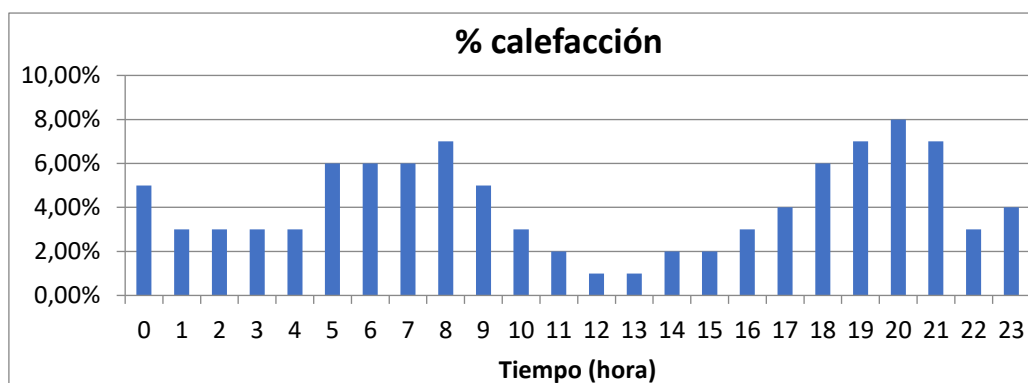


Figura 85: Consumo calefacción en España. Fuente: Elaboración propia

Después de optimizar: Se desplazan los consumos de las horas en las que el precio de la energía es más cara a las horas de la noche, horas en las que el precio de la energía eléctrica son las menores de todo el día. Lo que se representa en la gráfica es, la aclimatación de la temperatura del hogar durante las horas de la noche, enfriando varios grados más de lo estándar, así, con sólo una hora de refrigeración a las 15:00 y a las 18:00, se consiga tener el hogar caliente todo el día²⁵.

²⁴ El termostato es el aparato eléctrico que mide la temperatura del ambiente en el que se encuentre instalado.

²⁵ Se pueden dar otras medidas de optimización para la calefacción.

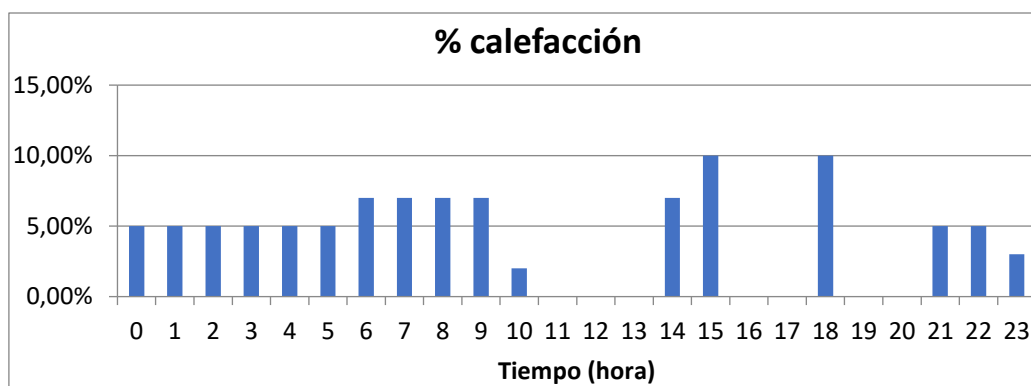


Figura 86: Consumo optimizado calefacción en España. Fuente: Elaboración propia

- **Iluminación:**

En las horas de la mañana, la luz natural procedente del sol es escasa, por lo que es necesario encender la luz artificial. Durante el día y hasta las 18:00, puede ser necesaria el uso de la luz artificial para las zonas del hogar con poca iluminación, como pueden ser habitaciones en las que no haya ventanas. En las horas de la tarde, conforme el hogar se va habitando y el sol se va ocultando, el uso de la iluminación es más intenso, provocando el pico a las 22:00. Durante las horas de la noche, la mayoría de los habitantes dedican estas horas para dormir y descansar, por lo que el consumo de iluminación es nulo.

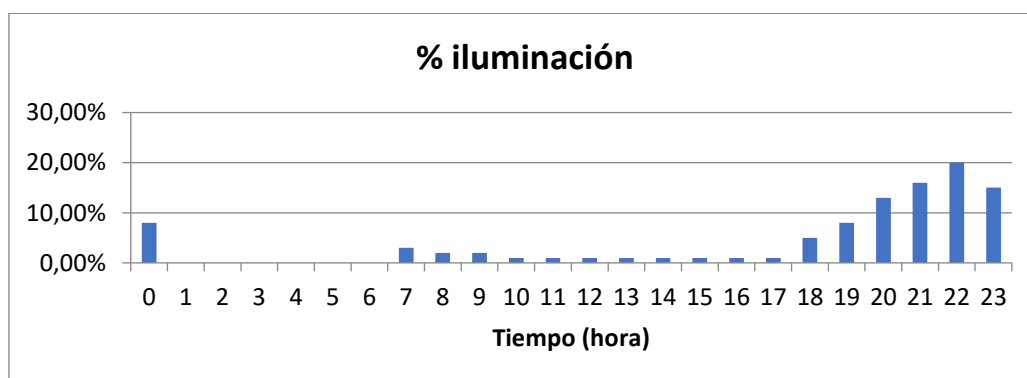


Figura 87: Consumo iluminación en España. Fuente: Elaboración propia

- **Lavadora:**

Antes de optimizar: La lavadora se pone en funcionamiento principalmente en las horas de la mañana, ya que, es por la mañana cuando es más común en los hogares españoles realizar la colada y las tareas de limpieza del hogar.

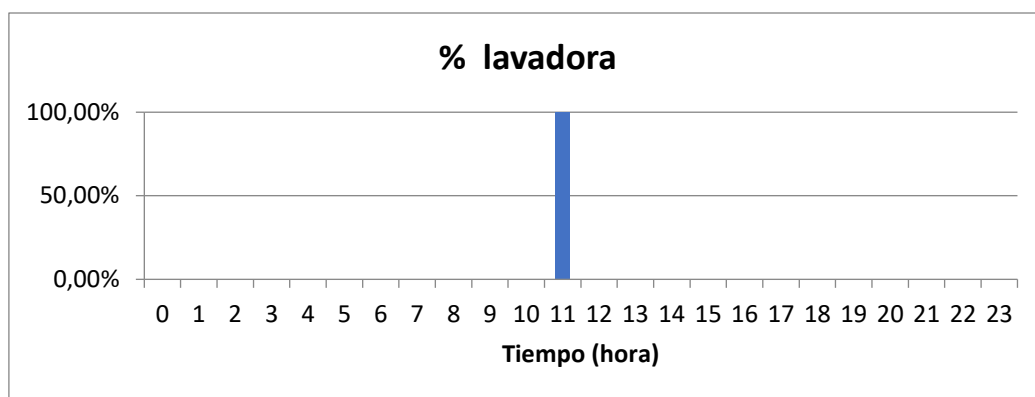


Figura 88: Consumo lavadora en España. Fuente: IDAE

Después de optimizar: Las lavadoras actuales tienen la opción de ser programada la hora de inicio de funcionamiento de forma autónoma. Con esto, se puede programar su uso a la hora del día en que el precio de la energía eléctrica es más barata. Se pondría una lavadora llenándola lo más posible para utilizar lo máximo del potencial de este aparato eléctrico.

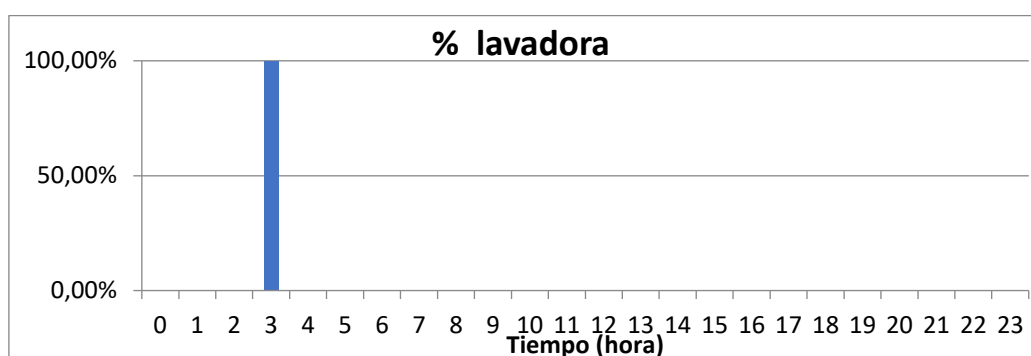


Figura 89: Consumo optimizado lavadora en España. Fuente: Elaboración propia

- **Secadora:**

Antes optimizar: La secadora se pone en funcionamiento principalmente en las horas de la mañana, después del uso de la lavadora.

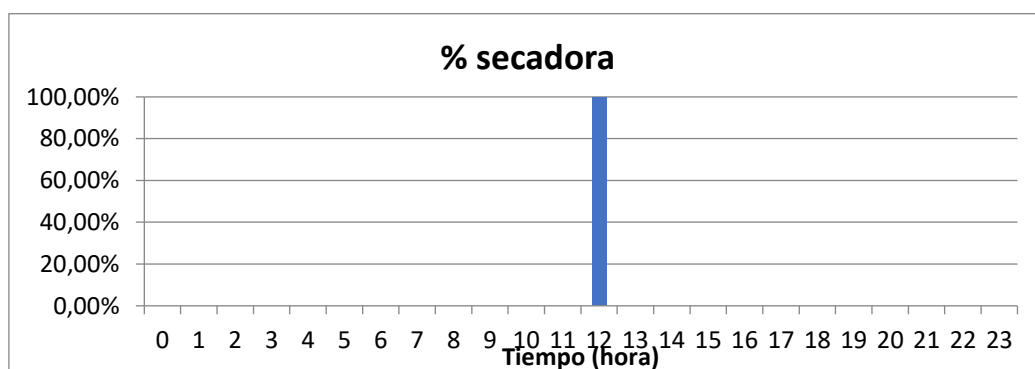


Figura 90: Consumo secadora en España. Fuente: Elaboración propia

Después de optimizar: Al igual que pasaba con la lavadora, la secadora se puede programar, pero la ropa de la lavadora hay que trasladarla manualmente a la secadora. Para ello, es imperativo que el usuario la traslade, por lo que tendría que levantarse durante la noche para mover la ropa de la lavadora a la secadora. Este TFG no tiene como objetivo modificar los hábitos de vida del consumidor, por lo que el uso de la secadora se haría en las primeras horas de la mañana.

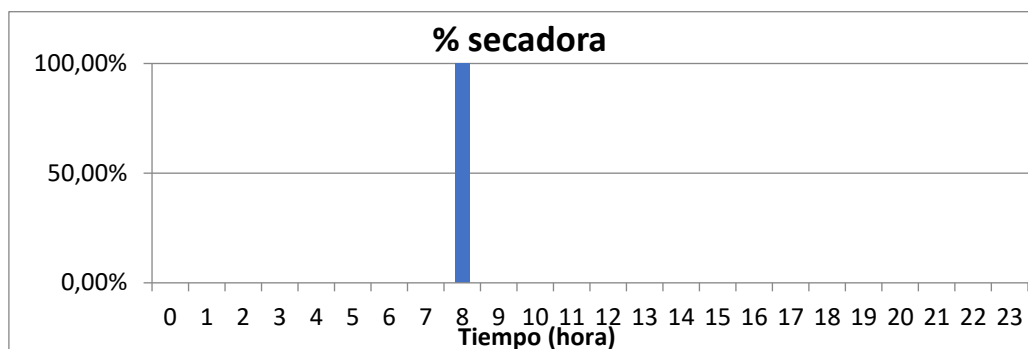


Figura 91: Consumo optimizado secadora en España. Fuente: Elaboración propia

- **ACS (calentamiento de agua de uso sanitario):**

Antes de optimizar: El calentamiento de agua se produce principalmente para la ducha en la mañana y/o en la noche. El resto del día tiene un uso residual para mantener el agua a una temperatura previamente fijada. Se supone que toda la vajilla usada en las comidas es lavada en el lavavajillas.

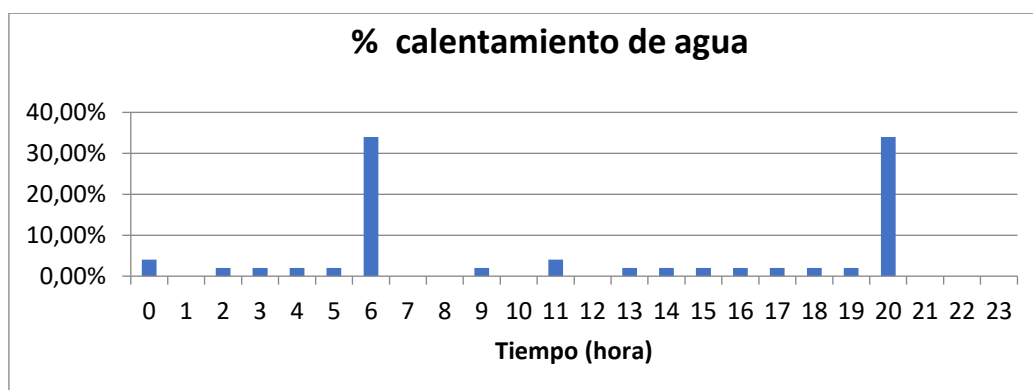


Figura 92: Consumo ACS en España. Fuente: Elaboración propia

Después de optimizar: Se desplaza la hora de la ducha de las 20:00, hora en la que el precio de la energía es de los más altos del día, a las 23:00, hora en la que el precio de la energía es inferior. Durante el resto del día, no se haría ningún consumo de calentamiento del agua, por lo que se apagaría este aparato, para así, no salte automáticamente cuando el agua es inferior a la establecida previamente por el usuario. El consumo de energía eléctrica sería el mismo si funciona durante todo el día intermitentemente o en un solo momento del día,

ya que, al no estar durante todo el día calentando el agua para que esté a una temperatura establecida, el consumo lo realiza todo a la vez antes de ser usada.

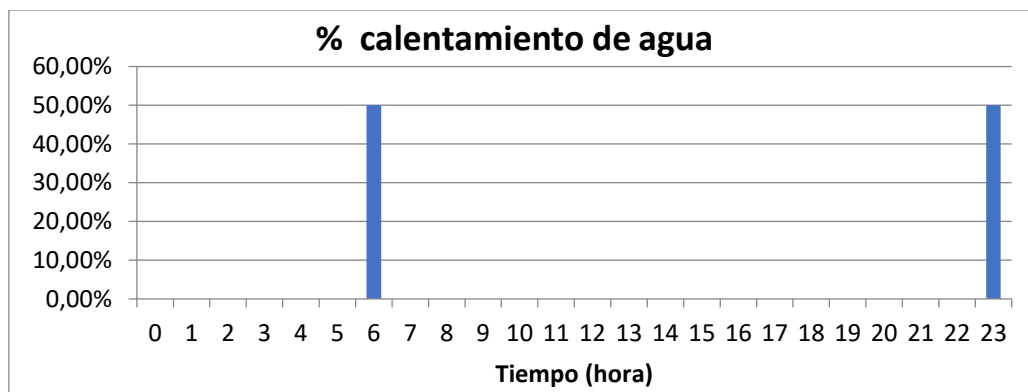


Figura 93: Consumo optimizado calentamiento de agua en España. Fuente: Elaboración propia

- **Standby:**

El Standby es el consumo de electricidad producido de forma residual, por el hecho de estar el aparato eléctrico conectado a la red. Comúnmente, los aparatos eléctricos tienen un pequeño indicador luminoso²⁶, el cual está iluminado durante todo el tiempo en que el aparato eléctrico está conectado a la red. Este indicador ilumina de un color mientras está en funcionamiento y de otro color mientras está apagado el aparato del que forme parte. Es por ello, que el consumo de Standby es constante durante todos los días del año.

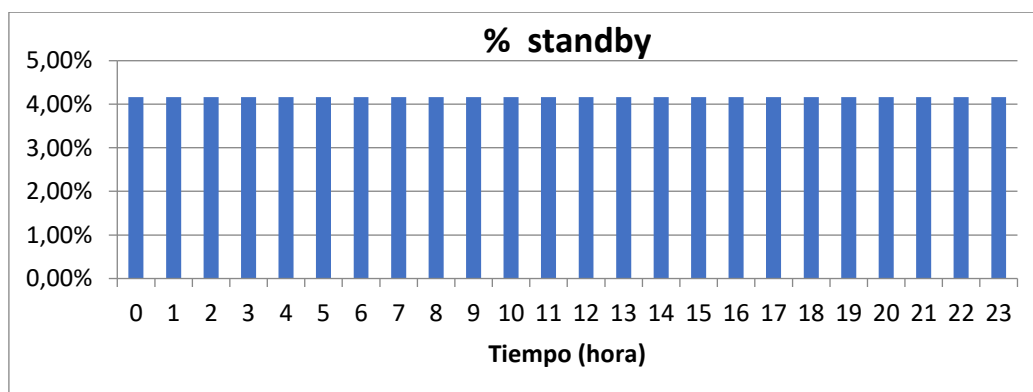


Figura 94: Consumo standby en España. Fuente: IDAE

- **Standby electrodomésticos:**

El Standby de los electrodomésticos es similar al Standby del resto de aparatos utilizados en el hogar.

²⁶ Típicamente una bombilla pequeña led de color rojo o verde.

- **Cocina:**

Antes de optimizar: Los picos de consumo de la cocina se producen a las horas de preparar el desayuno, la comida y la cena en España.

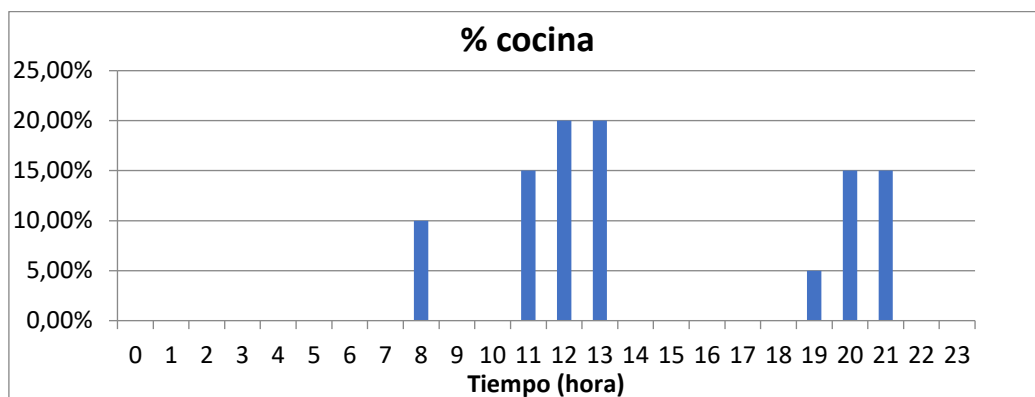


Figura 95: Consumo cocina durante el invierno en España. Fuente: Elaboración propia

Después de optimizar: Se cocinaría a las primeras horas de la mañana, así, en las horas previas a la comida y a la cena, sólo se emplearía un pequeño porcentaje del consumo para calentar la comida y/o la cena.

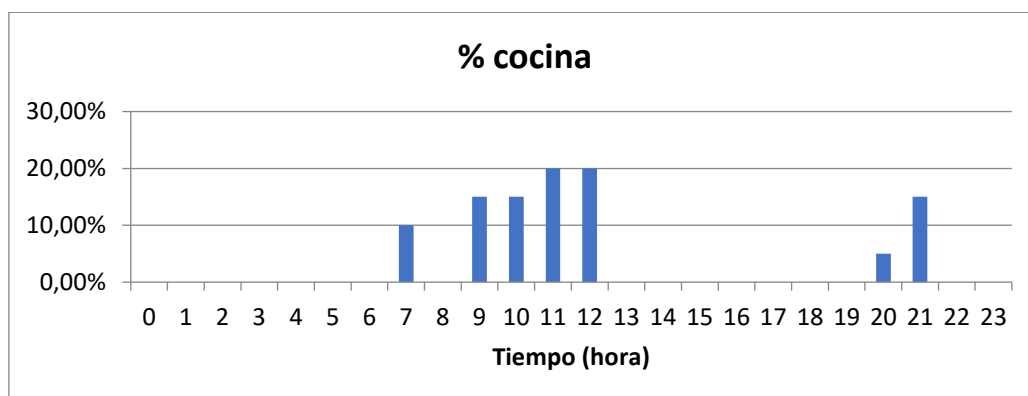


Figura 96: Consumo optimizado invierno cocina en España. Fuente: Elaboración propia

- **Frigorífico:**

Antes de optimizar: Debido a la necesaria refrigeración de los alimentos para su conservación, la temperatura en el interior tiene que ser constante. Los picos de consumo del frigorífico se producen a las horas de preparar la comida y la cena en España por el hecho de sacar los alimentos del interior de este. El resto de horas tiene un funcionamiento intermitente, cuando la temperatura en el interior es inferior a la establecida, el frigorífico se pone a funcionar de forma automática hasta alcanzar la temperatura previamente determinada por el usuario.

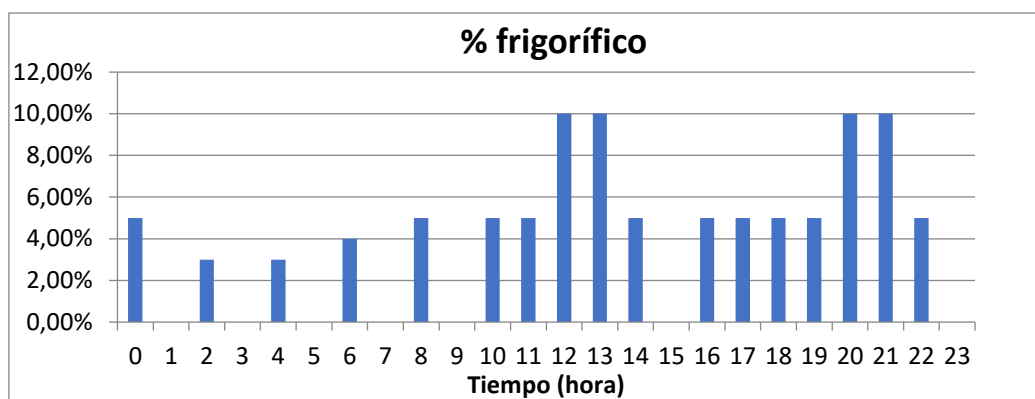


Figura 97: Consumo frigorífico durante el invierno en España. Fuente: Elaboración propia

Después de optimizar: Al variar el momento de preparación de la comida y de la cena, el uso del frigorífico se modifica también. Las horas en las que el consumo es mayor son las que coinciden con la extracción de los alimentos.

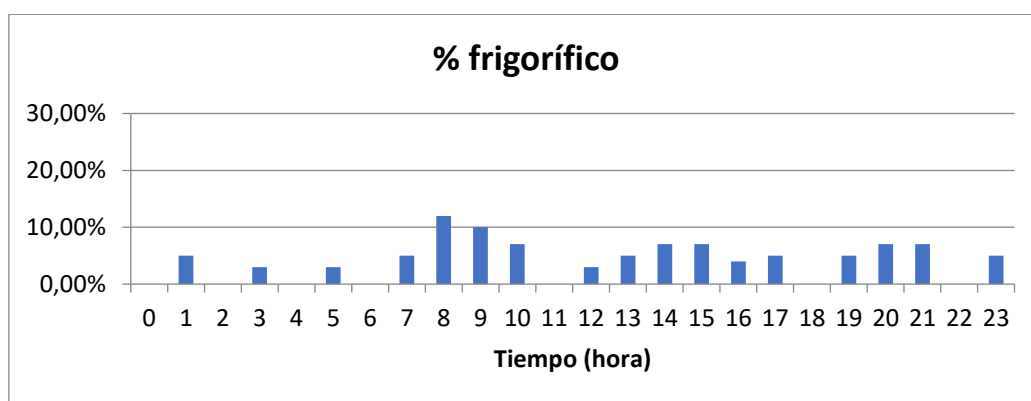


Figura 98: Consumo optimizado invierno frigorífico en España. Fuente: Elaboración propia

- **Congelador:**

Antes de optimizar: Los picos de consumo de la cocina se producen a las horas de preparar la comida y la cena en España. El resto de horas tiene un funcionamiento intermitente, cuando la temperatura en el interior baja de una temperatura determinada, el congelador se pone a funcionar de forma automática hasta que llega a la temperatura previamente determinada por el dueño.

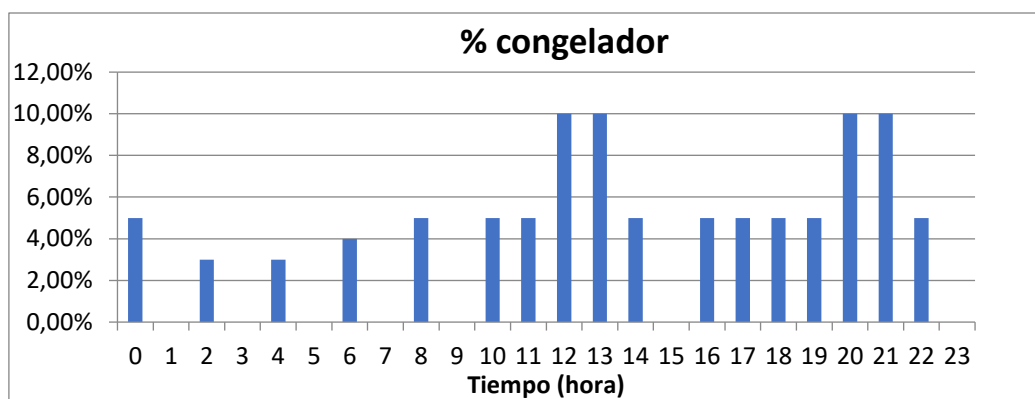


Figura 99: Consumo congelador durante el invierno en España. Fuente: Elaboración propia

Después de optimizar: Al variar el momento de preparación de la comida y de la cena, el uso del congelador se modifica también. Las horas en las que el consumo es mayor son las que coinciden con la extracción de los alimentos.

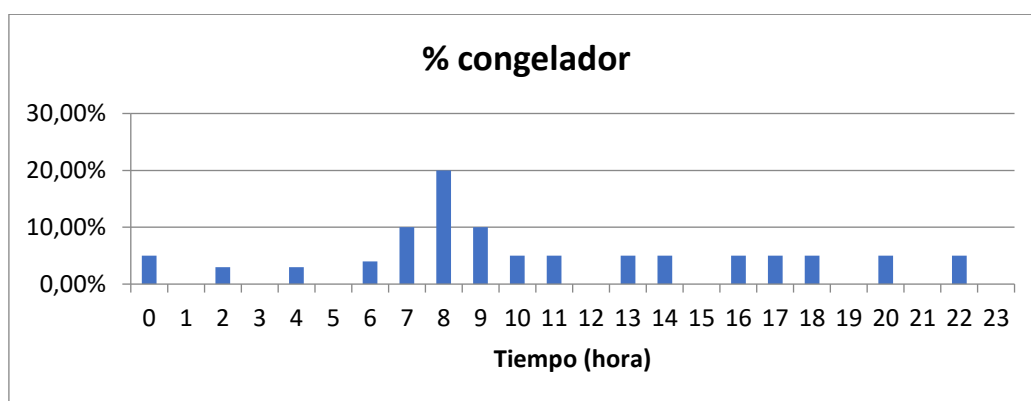


Figura 100: Consumo optimizado invierno congelador en España. Fuente: Elaboración propia

- **Lavavajillas:**

Antes de optimizar: El lavavajillas se utiliza, principalmente, después de las comidas y de la cena para limpiar los utensilios utilizados para cocinar y comer. Se suele juntar la vajilla usada en el desayuno con el de la comida.

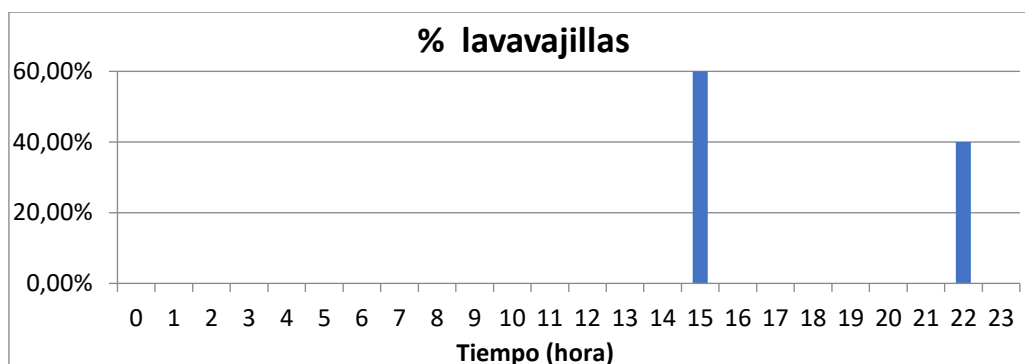


Figura 101: Consumo lavavajillas en España. Fuente: IDAE

Después de optimizar: En el caso del lavavajillas, también se puede programar el momento de ponerse a funcionar automáticamente. Se programaría el lavavajillas para que empezara a funcionar de forma automática a las 4:00, llenándolo al máximo para aprovechar el potencial de este.

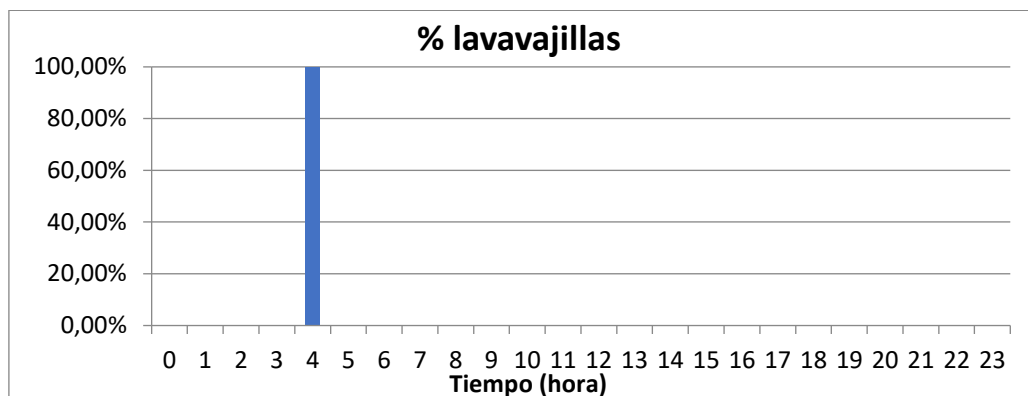


Figura 102: Consumo optimizado lavavajillas en España. Fuente: Elaboración propia

- **Horno:**

Antes de optimizar: El horno se utiliza principalmente para preparar las comidas en la mañana, en las tardes para preparar algún pastel y en la noche para preparar la cena.

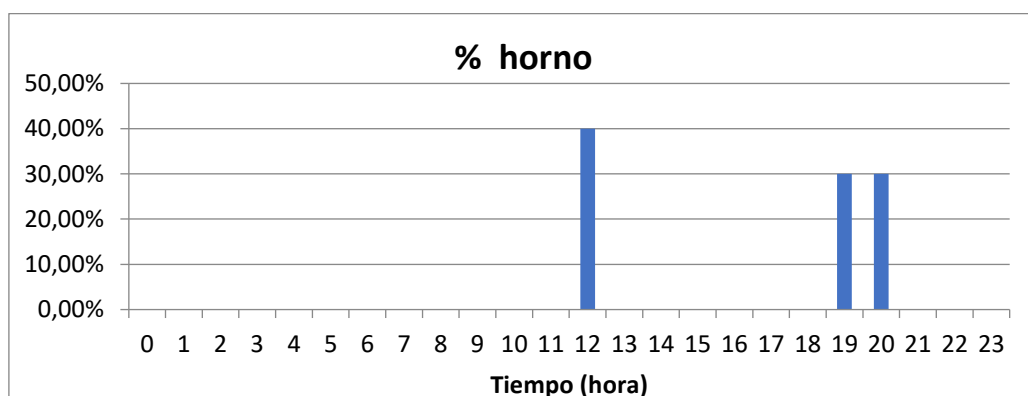


Figura 103: Consumo horno durante el invierno en España. Fuente: Elaboración propia

Después de optimizar: Se cocinaría usando el horno a las primeras horas de la mañana, así, en las horas previas a la comida y a la cena sólo se emplearía un pequeño porcentaje del consumo para terminar de cocinar la comida y/o la cena.

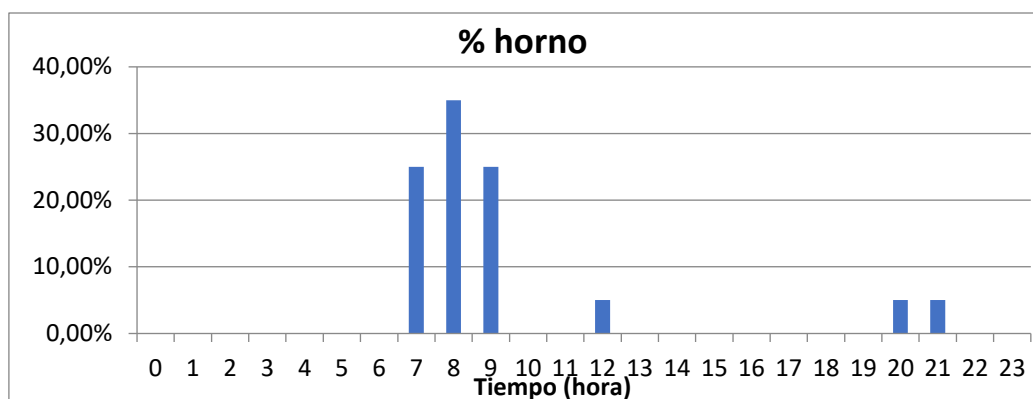


Figura 104: Consumo optimizado invierno horno en España. Fuente: Elaboración propia

- **TV:**

La TV se utiliza por las mañanas mientras se desayuna, a las horas de comer y cenar, y durante el transcurso de las horas de la tarde.

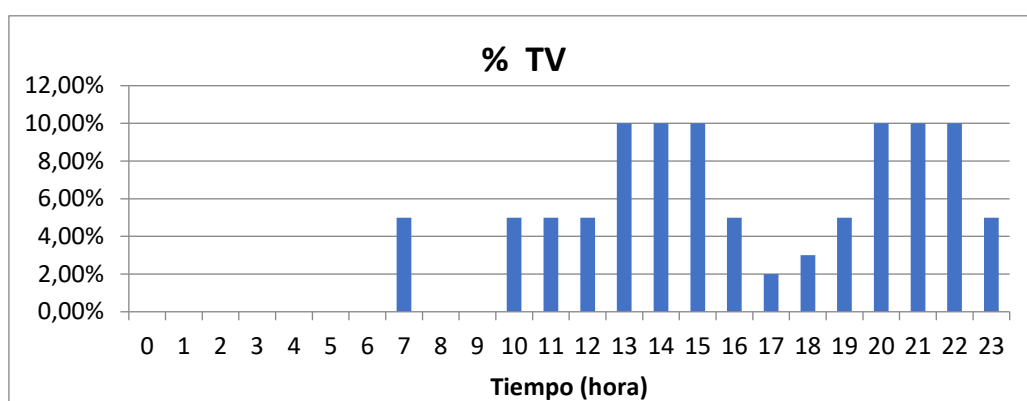


Figura 105: Consumo TV durante el invierno en España. Fuente: Elaboración propia

- **PC:**

Los ordenadores se utilizan por la mañana y por la tarde.

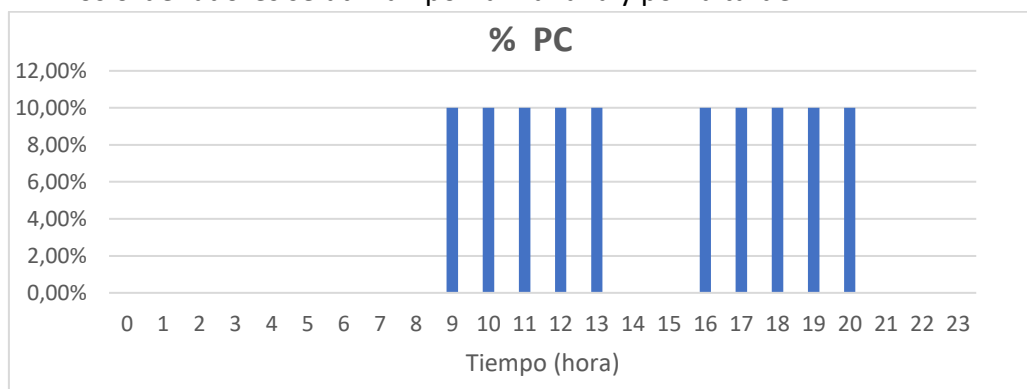


Figura 106: Consumo PC en España. Fuente: Elaboración propia

- **Otros:**

Se refiere al microondas, cafetera, batidora... Debido a que no se refiere a un sólo electrodoméstico en concreto, el porcentaje de consumo de estos se suma equitativamente a todos los demás electrodomésticos.

Anexo 4.2: Consumo en un día de verano y consumo optimizado en un día de verano

Se representan los consumos horarios de los diferentes aparatos eléctricos por separado. Se representan únicamente los aparatos eléctricos cuyo consumo en verano sea diferente al consumo producido en invierno. Al igual que anteriormente, se muestra el consumo sin optimizar y el optimizado de los aparatos eléctricos cuyo consumo sea diferente al de invierno. Aunque no se representan, sí se tienen en cuenta para dibujar la gráfica final del consumo total durante un día de verano.

Los aparatos eléctricos que no tengan gráfica con el título “después de optimizar” es porque no se pueden optimizar, siendo la curva optimizada igual que sin optimizar.

En las gráficas, los coeficientes representan el porcentaje horario consumido del total de energía consumida por dicho aparato eléctrico en un día.

Hábitos de consumo en verano de los aparatos eléctricos, de media, en España:

- **Refrigeración:**

Antes de optimizar: La refrigeración (aire acondicionado) suele estar conectada al termostato²⁷. El termostato detecta el momento exacto en el que tiene que ponerse a funcionar. Para ello, calcula la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura a la que está programado el termostato. Así, cuando la temperatura es superior a la programada, el termostato ordena el funcionamiento del aire acondicionado. Las horas en las que está en uso el aire acondicionado son las representadas en la gráfica, los picos de consumos se producen en las horas del día en las que la temperatura es superior, coincidiendo con las horas en las que el sol está más alto y perpendicular a la tierra.

²⁷ El termostato es el aparato eléctrico que mide la temperatura del ambiente en el que se encuentre instalado.

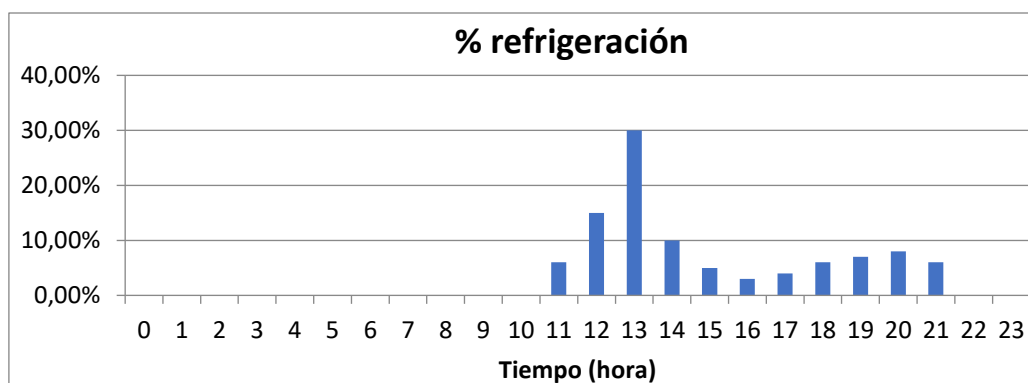


Figura 107: Consumo refrigeración verano en España. Fuente: Elaboración propia

Después de optimizar: Se desplazan los consumos de las horas en las que el precio de la energía es más caro a las horas de la noche, horas en las que el precio de la energía eléctrica son las menores de todo el día. La gráfica representa la aclimatación de la temperatura del hogar durante las horas de la noche, enfriando varios grados más de lo estándar, así, con sólo una hora de refrigeración a las 13:00, a las 15:00 y a las 17:00, se consiga tener el hogar refrigerado todo el día²⁸.

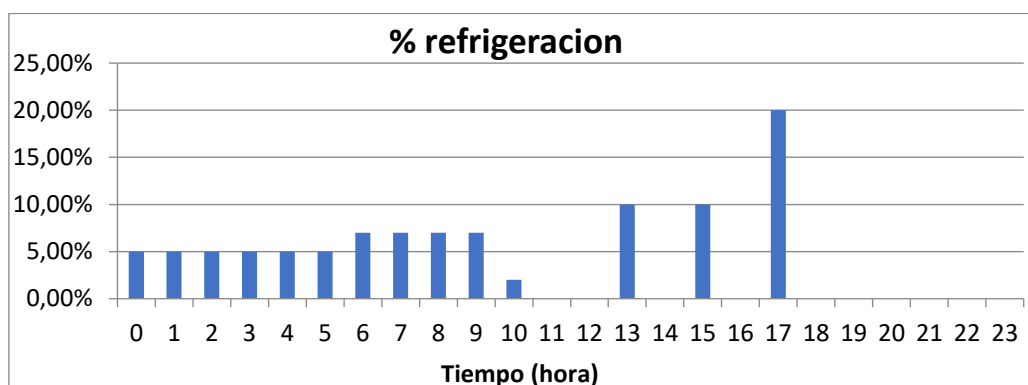


Figura 108: Consumo optimizado verano refrigeración en España. Fuente: Elaboración propia

- **Iluminación:**

En las horas de la mañana, la luz natural procedente del sol es escasa, por lo que es necesario encender la luz artificial. Durante el día y hasta las 20:00, puede ser necesaria el uso de la luz artificial para las zonas del hogar en las que no haya ventanas o para aquellas zonas en las que sea escasa la iluminación. En verano, el sol no se oculta hasta las 21:30, por lo que el consumo durante las horas de la tarde es reducido. Durante las horas de la noche, la mayoría de los habitantes dedican estas horas para dormir y descansar, por lo que el consumo de iluminación es nulo.

²⁸ Se pueden dar otras medidas de optimización para la calefacción.

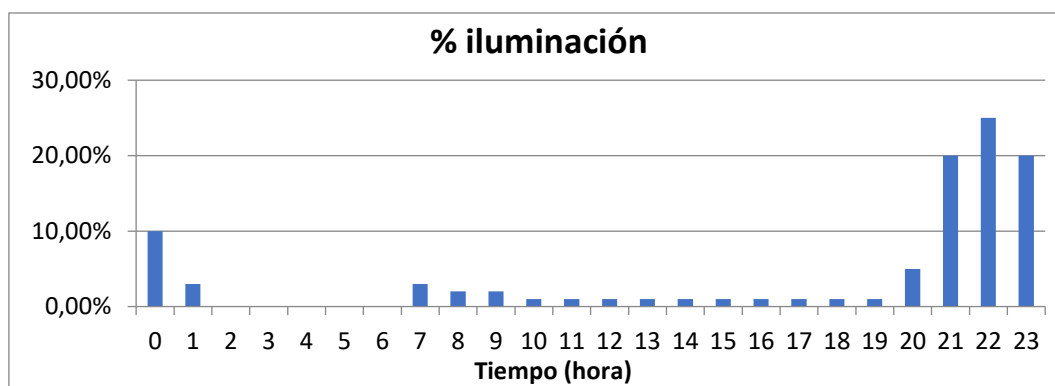


Figura 109: Consumo iluminación durante el verano en España. Fuente: Elaboración propia

- **Standby:**

El Standby es el consumo de electricidad producido de forma residual, por el hecho de estar el aparato eléctrico conectado a la red. Comúnmente, los aparatos eléctricos tienen un pequeño indicador luminoso²⁹, el cual está iluminado durante todo el tiempo en que el aparato eléctrico está conectado a la red. Este indicador ilumina de un color mientras está en funcionamiento y de otro color mientras está apagado el aparato del que forma parte. Es por ello, que el consumo de Standby es constante durante todos los días del año.

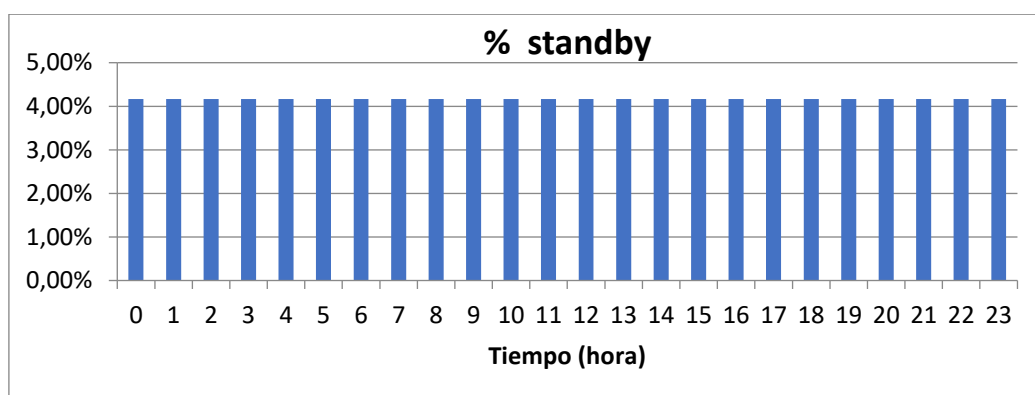


Figura 110: Consumo standby en España. Fuente: IDAE

- **Cocina:**

Antes de optimizar: Los picos de consumo se producen a las horas de preparar el desayuno y la comida. La cena durante el verano en España no requiere de larga preparación.

²⁹ Típicamente una bombilla pequeña led de color rojo o verde.

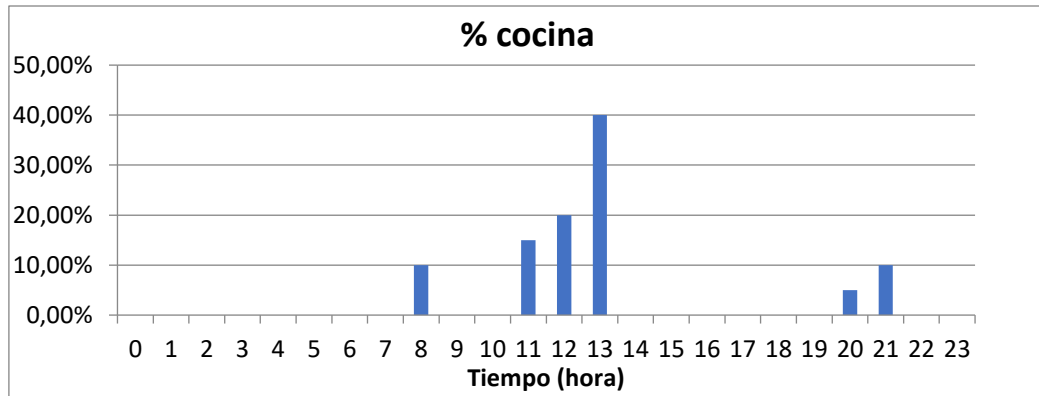


Figura 111: Consumo cocina durante el verano en España. Fuente: Elaboración propia

Después de optimizar: La comida se prepararía en las primeras horas del día, ya que el precio es inferior. Antes del momento de comer, se calentaría o terminaría de cocinar los alimentos. La cena durante el verano en España no requiere de larga preparación.

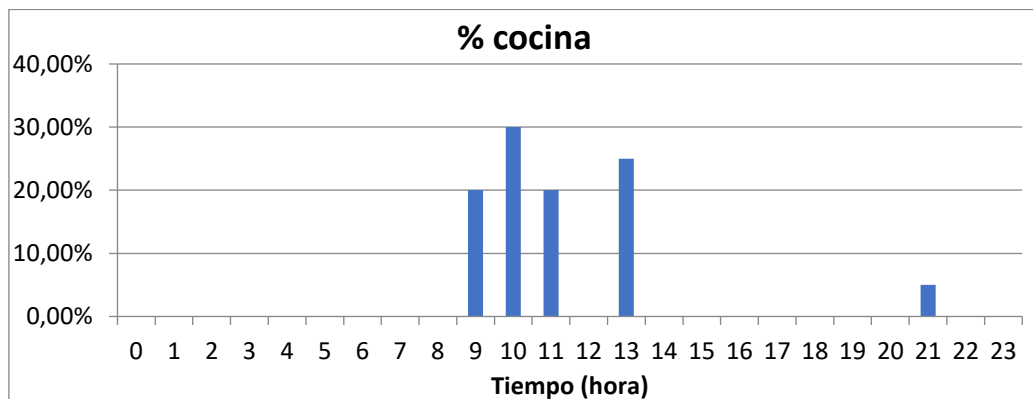


Figura 112: Consumo cocina durante el verano en España. Fuente: Elaboración propia

- **Frigorífico:**

Antes de optimizar: Debido a la necesaria refrigeración de los alimentos para su conservación, la temperatura en el interior tiene que ser constante. Los picos de consumo del frigorífico se producen a las horas de preparar la comida y la cena en España por el hecho de sacar los alimentos del interior de este. El resto de horas tiene un funcionamiento intermitente, cuando la temperatura en el interior es inferior a la establecida, el frigorífico se pone a funcionar de forma automática hasta alcanzar la temperatura previamente determinada por el usuario.

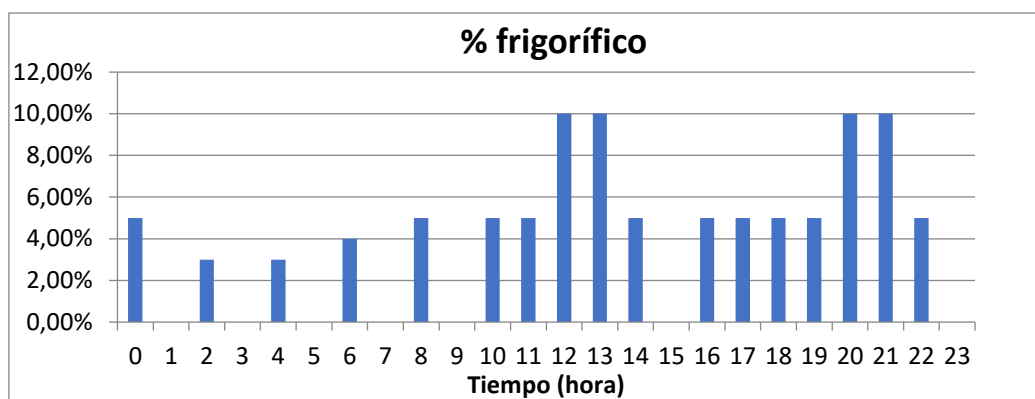


Figura 113: Consumo frigorífico durante el verano en España. Fuente: Elaboración propia

Después de optimizar: Al variar el momento de preparación de la comida y de la cena, el uso del frigorífico se modifica también. Las horas en las que el consumo es mayor son las horas en las que se sacan los alimentos para cocinar.

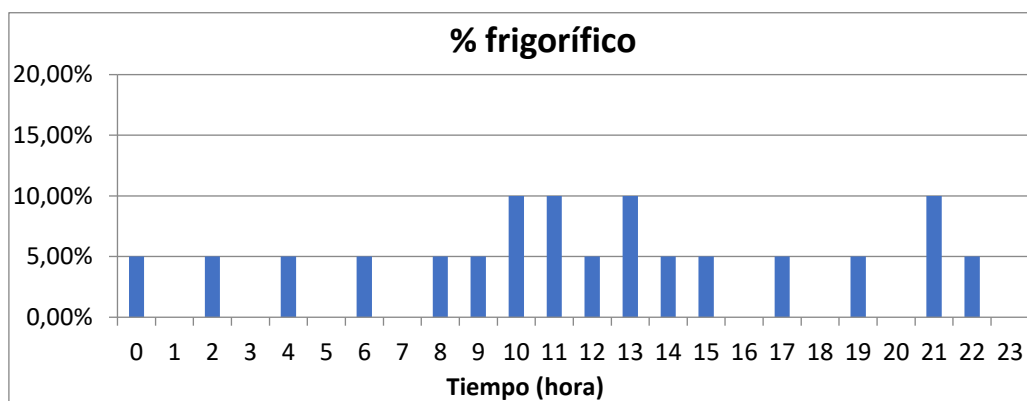


Figura 114: Consumo optimizado verano frigorífico en España. Fuente: Elaboración propia

- **Congelador:**

Antes de optimizar: Los picos de consumo de la cocina se producen a las horas de preparar la comida en España. El resto de horas tiene un funcionamiento intermitente, cuando la temperatura en el interior baja de una temperatura determinada, el congelador se pone a funcionar de forma automática hasta que llega a la temperatura previamente determinada por el dueño.

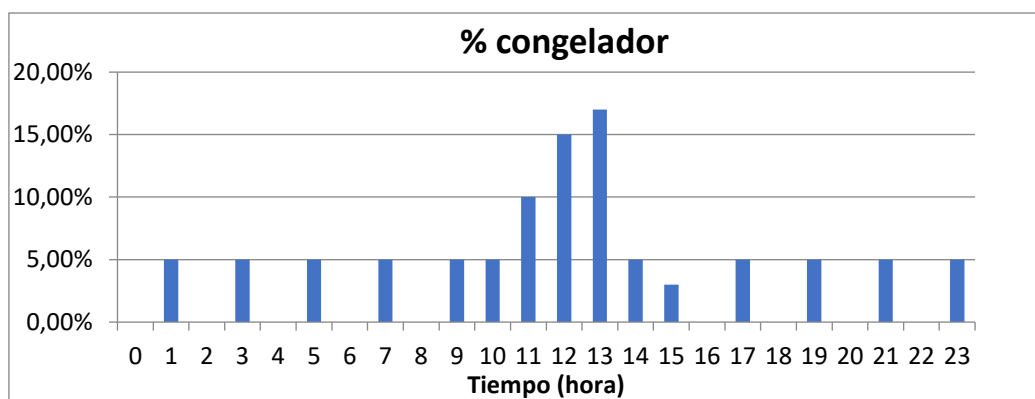


Figura 115: Consumo congelador durante el verano en España. Fuente: Elaboración propia

Después de optimizar: Al variar el momento de preparación de la comida y de la cena, el uso del congelador se modifica también. Las horas en las que el consumo es mayor es el instante de tiempo en que se sacan los alimentos para cocinar.

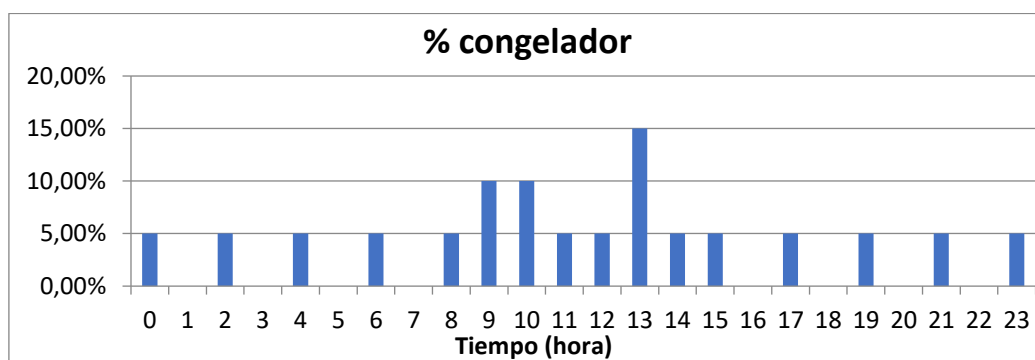


Figura 116: Consumo optimizado verano congelador en España. Fuente: Elaboración propia

- **Horno:**

Antes de optimizar: El horno se utiliza principalmente para preparar las comidas en la mañana, para la cena no suele utilizarse el horno, se suele cenar en España en verano comida fría o que no necesite de larga preparación.

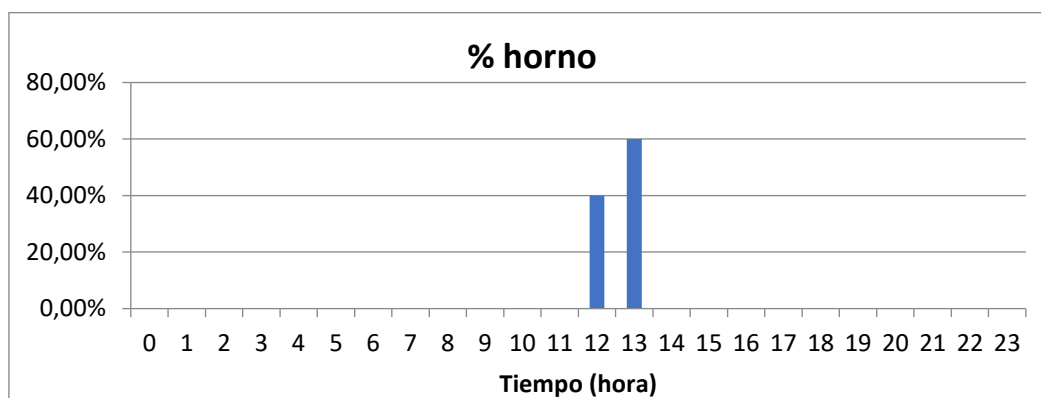


Figura 117: Consumo horno durante el verano en España. Fuente: Elaboración propia

Después de optimizar: Se cocinaría usando el horno a las primeras horas de la mañana, así, en las horas previas a la comida sólo se emplearía un pequeño porcentaje del consumo utilizándolo para terminar de cocinar los alimentos.

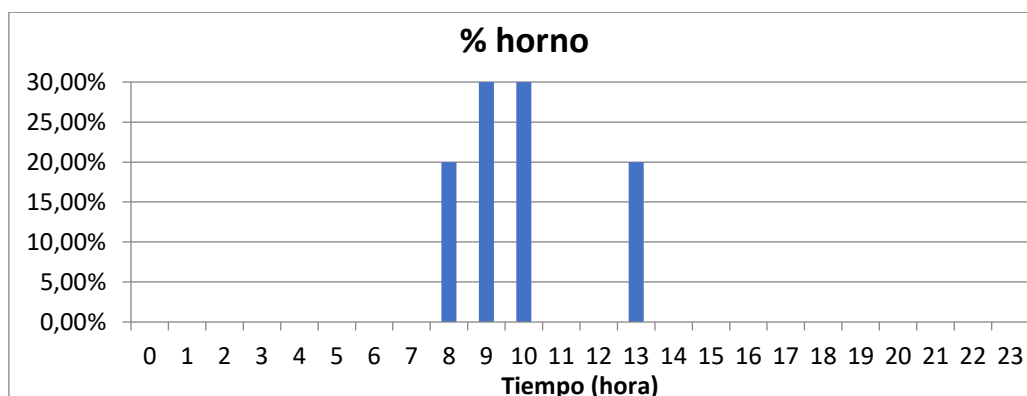


Figura 118: Consumo optimizado horno en España. Fuente: Elaboración propia

- **TV:**

La TV se utiliza por las mañanas mientras se desayuna, a las horas de comer y cenar, y durante el transcurso de la tarde, el consumo de la TV se va reduciendo conforme la temperatura ambiente va reduciéndose y los habitantes van saliendo a la calle para disfrutar del ocio personal fuera del hogar.

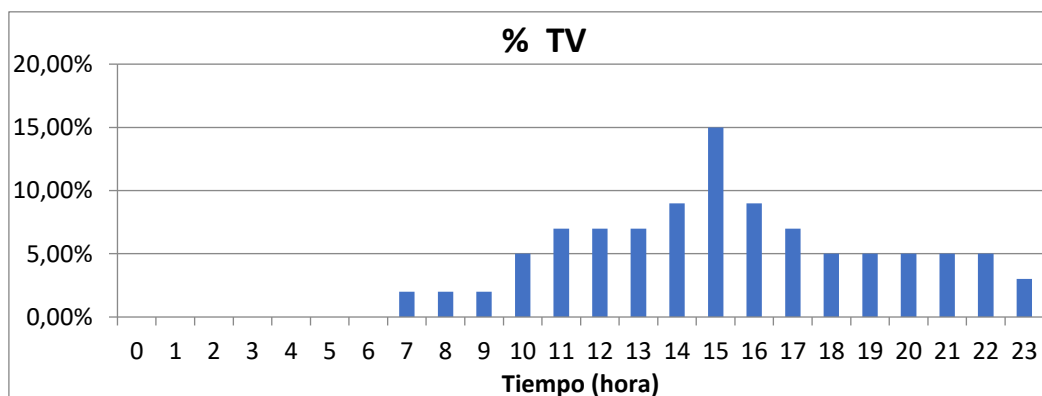


Figura 119: Consumo TV durante el invierno en España. Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Medidas de ahorro energético en el hogar

A continuación, se da una lista con diferentes medidas de ahorro energético (Agencia de gestión de energía de la región de Murcia, s.f.).

- **Cocina:**

- Tapar las cacerolas mediante cocción para conseguir más calor y menos tiempo de cocción.
- Hacer uso de un reloj programador, para controlar los tiempos de cocción.
- Hacer uso de olla a presión para conseguir tiempos inferiores de cocción.
- Apagar los focos calientes de cocinar 10 minutos antes para así aprovechar el calor residual.
- No dejar los fuegos al máximo de potencia mientras los alimentos estén hirviendo.
- Emplear en la cocina los recipientes adecuados en tamaño y forma a las necesidades.
- La cocina de inducción consume menos que la vitrocerámica.

- **Frigorífico:**

- Colocar el frigorífico lo más alejado posible de los focos de calor.
- No sobrecargar el frigorífico para que haya adecuada ventilación dentro del frigorífico.
- No introducir alimentos mientras estos estén calientes, esperar a que se enfríen para meterlos en el frigorífico.
- Determinar el termostato a las necesidades reales.
- No dejar la puerta del frigorífico abierta más tiempo del necesario.
- Limpiar periódicamente (cada 6 meses) el serpentín trasero.
- Asegurarse del correcto funcionamiento de las gomas de cierre de las puertas.
- Descongelar los alimentos dentro del frigorífico para ganar frigorías gratuitamente.
- Mantener la temperatura del frigorífico a 6°C y la del congelador a -18 °C.
- “Abre el frigorífico solo cuando sea necesario. Cuantas más veces se abra la puerta de la nevera, más escarcha se produce, y solo con una formación de 5 milímetros de espesor, el consumo energético aumenta en un 30%.” (Gas Natural Fenosa, s.f.)

- **Lavadora/secadora:**

- Utilizar la lavadora y la secadora a máxima carga.
- Utilizar programas con la temperatura inferior a 90°C.

- Lavar la ropa con agua fría siempre que sea posible.
- Utilizar la centrifugación reduce el consumo de la secadora.
- **Lavavajillas:**
 - Utilizar el lavavajillas a máxima carga.
 - Para la vajilla poco sucia, emplear un programa con temperatura fría, y tiempo de secado corto.
 - Utilizar el ciclo intensivo de lavado en el caso de que la vajilla esté muy sucia.
 - Eliminar el secado con aire caliente dentro del lavavajillas. Al finalizar el ciclo de lavado de la vajilla, abrir la puerta del lavavajillas.
- **Horno:**
 - Mantener la puerta del horno cerrada durante su funcionamiento.
 - Apagar el horno 10 minutos antes para aprovechar el calor residual.
- **Calentamiento de agua (ACS):**
 - Adecuar la capacidad del termo a las necesidades:
 - 1-2 personas 50 litros
 - 3-5 personas 80 litros
 - +6 personas 120 litros
- **Aire acondicionado:**
 - Mantener una temperatura de entre 24-25°C en los meses más calurosos.
 - Ventilar la vivienda durante las horas de la noche y la mañana, horas en las que la temperatura ambiente son las menores del día.
 - Mantener las ventanas cerradas durante el funcionamiento del aire acondicionado.
 - Alejar el condensador lo más alejado de focos calientes.
 - Instalar toldos, cerrar persianas y correr cortinas para evitar el calentamiento de la vivienda.
- **Iluminación:**
 - Hacer uso de los tubos fluorescentes y bombillas de bajo.

- Emplear detectores de presencia para el encendido de la iluminación en zonas de paso y garajes.
- Sustituir las luminarias con más uso en la vivienda por bombillas de bajo consumo.

A continuación, se representa la tabla de equivalencias de potencia entre una lámpara de bajo consumo y una lámpara fluorescente:

Bajo consumo	9 W	11 W	15 W	20 W	23 W
Bombilla incandescente	40 W	60 W	75 W	100 W	125 W

Tabla 5: Equivalencias consumo bombilla bajo consumo y bombilla incandescente. Fuente: Argem

Tabla de figuras

Figura 1: Estructura de la potencia instalada en España en el año 2016.	6
Figura 2: Esquema del sistema eléctrico.....	9
Figura 3: Datos de la empresa comercializadora.	12
Figura 4: Datos de la factura.	12
Figura 5: Resumen de la factura.	12
Figura 6: Datos del cliente	13
Figura 7: Información del consumo eléctrico	13
Figura 8: Datos del contrato	14
Figura 9: Destino del importe de la factura	14
Figura 10: Detalle de la factura	15
Figura 11: Información para el consumidor.....	15
Figura 12: Término de facturación de energía activa del pvpc. Tarifa 2.0A, tarifa 2.0DHA, tarifa 2.0DHS.....	16
Figura 13: Precios fijos de la energía en el mercado libre de las 5 grandes comercializadoras en España	18
Figura 14: Distribución de los hogares según el tamaño de la vivienda.....	24
Figura 15: Distribución de los hogares según el ciclo de vida de los integrantes.....	24
Figura 16: Demanda de energía total vs residencial en invierno y en verano.....	25
Figura 17: Curva de demanda eléctrica en el sistema eléctrico español en una semana de verano y en una semana de invierno	26
Figura 18: Curva de demanda eléctrica en un día de verano	26
Figura 19: Curva de demanda eléctrica en un día cualquiera de invierno	27
Figura 20: Curvas de demanda de un día de verano para el perfil 2.0A, perfil 2.0DHA y perfil 2.0DHS.....	28
Figura 21: Curvas de demanda de un día de invierno para el perfil 2.0A, perfil 2.0DHA y perfil 2.0DHS.....	29
Figura 22: Perfil de consumidor 2.0A con diferencia entre energía movable y energía fija, día invierno	32
Figura 23: Perfil de consumidor 2.0DHA con diferencia entre energía movable y energía fija, día invierno	32
Figura 24: Perfil de consumidor 2.0DHS con diferencia entre energía movable y energía fija, día invierno	32

Figura 25: Perfil de consumidor 2.0A con diferencia entre energía movable y energía fija, día verano	33
Figura 26: Perfil de consumidor 2.0DHA con diferencia entre energía movable y energía fija, día verano	33
Figura 27: Perfil de consumidor 2.0DHS con diferencia entre energía movable y energía fija, día verano	34
Figura 28: Curva de demanda día de invierno dividida en aparatos eléctricos	35
Figura 29: Curva de demanda día de verano dividida en aparatos eléctricos	35
Figura 30: Curva de demanda antes y después del desplazamiento de energía	36
Figura 31: Precio energía perfil 2.0A según LUMIOS, día invierno	43
Figura 32: Precio energía perfil 2.0DHA según LUMIOS, día invierno	43
Figura 33: Precio energía perfil 2.0DHS según LUMIOS, día invierno	44
Figura 34: Curva de consumo sin optimizar y optimizada sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable para el perfil 2.0A	45
Figura 35: Ahorro máximo conseguido optimizando el consumo del perfil de consumidor 2.0A con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor, en el día 22/01/2015	45
Figura 36: Curvas optimizadas del consumidor 2.0A aplicándole las tres tarifas de pvpc existentes, y de color amarillo la curva sin optimizar del consumidor 2.0A	46
Figura 37: Curva de consumo sin optimizar y optimizada sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable para el perfil 2.0DHA	47
Figura 38: Ahorro máximo conseguido optimizando el consumo del perfil de consumidor 2.0DHA con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor, en el día 22/01/2015	47
Figura 39: Curvas optimizadas del consumidor 2.0DHA aplicándole las tres tarifas de pvpc existentes, y de color amarillo la curva sin optimizar del consumidor 2.0DHA	48
Figura 40: Curva de consumo sin optimizar y optimizada sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable para el perfil 2.0DHS	48
Figura 41: Ahorro máximo conseguido optimizando el consumo del perfil de consumidor 2.0DHA con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor, en el día 22/01/2015	49
Figura 42: Curvas optimizadas del consumidor 2.0DHS aplicándole las tres tarifas de pvpc existentes, y de color amarillo la curva sin optimizar del consumidor 2.0DHS	49
Figura 43: A la izquierda, la curva de consumo perfil de consumo 2.0A diferenciando entre potencia fija y potencia movable, y a la derecha, la curva de consumo optimizada del perfil 2.0A diferenciando entre potencia fija y potencia movable	50

Figura 44: A la izquierda, la curva de consumo perfil de consumo 2.0DHA diferenciando entre potencia fija y potencia movable, y a la derecha, la curva de consumo optimizada del perfil 2.0DHA diferenciando entre potencia fija y potencia movable	51
Figura 45: A la izquierda, la curva de consumo perfil de consumo 2.0DHS diferenciando entre potencia fija y potencia movable, y a la derecha, la curva de consumo optimizada del perfil 2.0DHS diferenciando entre potencia fija y potencia movable	52
Figura 46: Precio energía perfil 2.0A según LUMIOS, día verano	53
Figura 47: Precio energía perfil 2.0DHA según LUMIOS, día verano	54
Figura 48: Precio energía perfil 2.0DHS según LUMIOS, día verano.....	54
Figura 49: Curva de consumo sin optimizar y optimizada sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable para el perfil 2.0A	55
Figura 50: Ahorro máximo conseguido optimizando el consumo del perfil de consumidor 2.0A con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor, en el día 22/07/2015	55
Figura 51: Curva de consumo sin optimizar y optimizada sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable para el perfil 2.0DHA	56
Figura 52: Ahorro máximo conseguido optimizando el consumo del perfil de consumidor 2.0DHA con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor, en el día 22/07/2015.....	56
Figura 53: Curva de consumo sin optimizar y optimizada sin diferenciar entre potencia fija y potencia movable para el perfil 2.0DHS.....	57
Figura 54: Ahorro máximo conseguido optimizando el consumo con la tarifa correspondiente al perfil de consumidor, en este caso el perfil 2.0DHS.....	57
Figura 55: A la izquierda, la curva de consumo perfil de consumo 2.0A diferenciando entre potencia fija y potencia movable, y a la derecha, la curva de consumo optimizada del perfil 2.0A diferenciando entre potencia fija y potencia movable	58
Figura 56: A la izquierda, la curva de consumo perfil de consumo 2.0DHA diferenciando entre potencia fija y potencia movable, y a la derecha, la curva de consumo optimizada del perfil 2.0DHA diferenciando entre potencia fija y potencia movable	59
Figura 57: A la izquierda, la curva de consumo perfil de consumo 2.0DHS diferenciando entre potencia fija y potencia movable, y a la derecha, la curva de consumo optimizada del perfil 2.0DHS diferenciando entre potencia fija y potencia movable	60
Figura 58: Potencia consumida año 2015 perfil de consumidor 2.0A.	62
Figura 59: Potencia optimizada consumida año 2015 perfil de consumidor 2.0A.	62
Figura 60: Potencia consumida año 2015 perfil de consumidor 2.0DHA.	63
Figura 61: Potencia optimizada consumida año 2015 perfil de consumidor 2.0DHA.	64
Figura 62: Potencia consumida año 2015 perfil de consumidor 2.0DHS.....	64

Figura 63: Potencia optimizada consumida año 2015 perfil de consumidor 2.0DHS.....	65
Figura 64: Potencia consumida 2015 por el consumidor 2.0A diferenciando entre potencia fija y potencia movable	66
Figura 65: Potencia consumida optimizada 2015 por el consumidor 2.0A diferenciando entre potencia fija y potencia movable	66
Figura 66: Potencia consumida 2015 por el consumidor 2.0DHA diferenciando entre potencia fija y potencia movable	67
Figura 67: Potencia consumida optimizada 2015 por el consumidor 2.0DHA diferenciando entre potencia fija y potencia movable	67
Figura 68: Potencia consumida 2015 por el consumidor 2.0DHS diferenciando entre potencia fija y potencia movable	68
Figura 69: Potencia consumida optimizada 2015 por el consumidor 2.0DHS diferenciando entre potencia fija y potencia movable	68
Figura 70: Curva de consumo de un cliente real durante el año 2016	70
Figura 71: Curva de consumo semana invierno cliente real	70
Figura 72: Curva de consumo cliente real día de verano.....	71
Figura 73: Curva de consumo semana verano cliente real	71
Figura 74: Curva de consumo del cliente real durante 2016	72
Figura 75: Curva de consumo sin optimizar del cliente real durante 2016	72
Figura 76: Curva de consumo optimizada con la tarifa 2.0DHS.....	73
Figura 77: Curva de consumo cliente real durante 2016 diferenciando entre potencia fija y potencia movable.....	74
Figura 78: Curva de consumo cliente real diferenciando entre potencia fija y potencia movable optimizando con la tarifa 2.0DHS.....	74
Figura 79: Curva de consumo aproximada teniendo en cuenta el momento del consumo de cada aparato eléctrico en España durante el invierno	77
Figura 80: Curva de consumo aproximada teniendo en cuenta el momento del consumo de cada aparato eléctrico en España durante el verano	77
Figura 81: Curva de consumo aproximada optimizada de invierno teniendo en cuenta el momento del consumo de cada aparato eléctrico en España	78
Figura 82: Curva de consumo aproximada optimizada de invierno teniendo en cuenta el momento del consumo de cada aparato eléctrico en España	79
Figura 83: Factura eléctrica.....	83
Figura 84: Factura eléctrica (reverso)	84
Figura 85: Consumo calefacción en España	89

Figura 86: Consumo optimizado calefacción en España	90
Figura 87: Consumo iluminación en España	90
Figura 88: Consumo lavadora en España	91
Figura 89: Consumo optimizado lavadora en España	91
Figura 90: Consumo secadora en España	91
Figura 91: Consumo optimizado secadora en España	92
Figura 92: Consumo ACS en España	92
Figura 93: Consumo optimizado calentamiento de agua en España	93
Figura 94: Consumo standby en España	93
Figura 95: Consumo cocina durante el invierno en España	94
Figura 96: Consumo optimizado invierno cocina en España	94
Figura 97: Consumo frigorífico durante el invierno en España	95
Figura 98: Consumo optimizado invierno frigorífico en España	95
Figura 99: Consumo congelador durante el invierno en España	96
Figura 100: Consumo optimizado invierno congelador en España	96
Figura 101: Consumo lavavajillas en España	96
Figura 102: Consumo optimizado lavavajillas en España	97
Figura 103: Consumo horno durante el invierno en España	97
Figura 104: Consumo optimizado invierno horno en España	98
Figura 105: Consumo TV durante el invierno en España	98
Figura 106: Consumo PC en España	98
Figura 107: Consumo refrigeración verano en España	100
Figura 108: Consumo optimizado verano refrigeración en España	100
Figura 109: Consumo iluminación durante el verano en España	101
Figura 110: Consumo standby en España	101
Figura 111: Consumo cocina durante el verano en España	102
Figura 112: Consumo cocina durante el verano en España	102
Figura 113: Consumo frigorífico durante el verano en España	103
Figura 114: Consumo optimizado verano frigorífico en España	103
Figura 115: Consumo congelador durante el verano en España	104
Figura 116: Consumo optimizado verano congelador en España	104
Figura 117: Consumo horno durante el verano en España	104
Figura 118: Consumo optimizado horno en España	105
Figura 119: Consumo TV durante el invierno en España	105

Lista de tablas

Tabla 1: Componentes del precio horario final del mercado del año 2016	11
Tabla 2: Datos optimización del perfil 2.0A aplicando método de los porcentajes	80
Tabla 3: Datos optimización del perfil 2.0DHA aplicando método de los porcentajes	80
Tabla 4: Datos optimización del perfil 2.0DHS aplicando método de los porcentajes	80
Tabla 5: Equivalencias consumo bombilla bajo consumo y bombilla incandescente	108

Bibliografía

- Agencia de gestión de energía de la región de Murcia. (s.f.).
Fichas_sobre_ahorro_energetico_ARGEM. Obtenido de agenergia:
http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random493ea37fa7d61/1228844162_Fichas_sobre_ahorro_energetico_ARGEM.pdf
- Christiane Egger, R. P. (2015). *Progress in energy efficiency policies*. Obtenido de
http://www.energy-efficiency-watch.org/fileadmin/eew_documents/EEW3/Survey_Summary_EEW3/EEW3-Survey-Report-fin.pdf
- Comisión nacional de los mercados y la competencia. (Enero de 2017). *BOLETÍN DE INDICADORES ELECTRICOS DE ENERO DE 2017*. Obtenido de CNMC:
<https://www.cnmc.es/expedientes/isde01217>
- Dovale, B. J. (septiembre de 2015). *Parque óptimo de generación en España (trabajo fin de grado)*. Trabajo Fin de Grado, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés. Obtenido de
<http://hdl.handle.net/10016/23735>
- Gas Natural Fenosa. (s.f.). *10 formas de ahorrar energía en el uso de electrodomésticos y gasodomésticos*. Obtenido de Eficiencia y bienestar:
<https://www.gasnaturalfenosa.es/es/conocenos/eficiencia+y+bienestar/en+casa/consumo+eficiente/electrodomesticos/1297101211154/10+formas+de+ahorro+en+electrodomesticos.html>
- IDAE. (2014). *Consumos del Sector Residencial en España*. Obtenido de Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía:
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (16 de julio de 2011). *"Proyecto SPAHOUSEC (Analysis of the Energy Consumption in the Spanish Households)"*. Obtenido de IDAE:
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPASHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf
- Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía. (10 de Abril de 2017). *Las ayudas a la eficiencia energética, a buen ritmo*. Obtenido de IDAE: <http://www.idae.es/noticia/las-ayudas-la-eficiencia-energetica-buen-ritmo>
- Lupbak. (s.f.). *¿COMO ESTA COMPUESTA NUESTRA FACTURA ELÉCTRICA?* Obtenido de Entiende tu factura de la luz: <https://www.lupbak.com/entiende-tu-factura-de-la-luz/>
- Ministerio de Economía. (26 de Octubre de 2001). *Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica*. Obtenido de Agencia Estatal Boletín Oficial de Estado:
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-20850>
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (28 de marzo de 2014). *Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de*

- contratación*. Obtenido de Agencia estatal boletín oficial del estado:
https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-3376
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (23 de mayo de 2014). *Resolución de 23 de mayo de 2014, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establece el contenido mínimo y el modelo de factura de electricidad*. Obtenido de Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-5655
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (28 de diciembre de 2007). *Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008*. Obtenido de Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado:
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-22458>
- Miranda, A. S. (2001). *Código fiscal*. Mexico: Ediciones fiscales ISEF.
- OMIE. (Diciembre de 2016). *Evolución del mercado de energía eléctrica*. Obtenido de OMIE. Publicaciones: http://www.omie.es/files/informe_mensual_diciembre_2016.pdf
- Press, E. (28 de 10 de 2016). *Un 11% de los hogares tiene contratada una potencia eléctrica superior a la necesaria*. Obtenido de El economista:
<http://www.eleconomista.es/energia/noticias/7923922/10/16/Economia-Energia-Un-11-de-los-hogares-tiene-contratada-una-potencia-electrica-superior-a-la-necesaria-segun-Holaluz.html>
- Red Eléctrica de España. (Julio de 2017). *Boletín mensual de energía eléctrica*. Obtenido de Red Eléctrica de España:
http://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/ree-julio-2017.pdf
- Red Eléctrica de España. (16 de agosto de 2017). *Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto*. Obtenido de ESIOs:
https://www.esios.ree.es/es/analisis/1013?vis=1&start_date=02-08-2017T00%3A00&end_date=02-08-2017T23%3A00&compare_start_date=01-08-2017T00%3A00&groupby=hour&compare_indicators=1014,1015
- Red Eléctrica de España. (s.f.). *PERFILES DE CONSUMO A EFECTOS DE FACTURACIÓN DEL PVPC TARIFA 2.0.A (PEAJE POR DEFECTO)*. Obtenido de Sistema de Información del Operador del Sistema (ESIOs): https://www.esios.ree.es/es/analisis/526?vis=1&start_date=12-09-2017T00%3A00&end_date=12-09-2017T23%3A00&compare_start_date=11-09-2017T00%3A00&groupby=hour
- Red Eléctrica de España S.A. (2016). *Demanda en consumo*. Obtenido de ESIOs:
https://www.esios.ree.es/es/analisis/1193?vis=1&start_date=11-01-2016T00%3A00&end_date=11-01-2016T23%3A00&compare_start_date=10-01-2016T00%3A00&groupby=hour
- Red Eléctrica España. (s.f.). *Nuestros hábitos de consumo*. Obtenido de Red Eléctrica de España: <http://www.ree.es/es/red21/eficiencia-energetica-y-consumo-inteligente/nuestros-habitos-de-consumo>

REE. (1 de noviembre de 2010). *Guía de consumo inteligente*. Obtenido de Red Eléctrica de España: <http://www.ree.es/es/publicaciones/sostenibilidad-y-medio-ambiente/gu%C3%ADa-de-consumo-inteligente>

Rojas, E. M. (2013). *Mercado de servicios de ajustes del sistema eléctrico*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Leganés. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10016/17739>

SELECTA. (s.f.). *PRECIO DE LA ELECTRICIDAD EN ESPAÑA*. Obtenido de TARIFA LUZ HORA: <http://tarifaluzhora.es/precio-electricidad-espana>

Usaola García, J. (2016). Mercados minoristas de electricidad. En J. Usaola García, *Regulación de sistemas eléctricos* (pág. 30). Leganés.